



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO  
FACULTAD DE QUÍMICA**

**ALIMENTACIÓN Y AYUDAS ERGOGÉNICAS EN EL  
ENTRENAMIENTO DE LA FUERZA**

**TRABAJO MONOGRÁFICO DE ACTUALIZACIÓN  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
QUÍMICO DE ALIMENTOS  
PRESENTA  
AXEL ANTONIO ORDOÑEZ**



**MÉXICO, CD, MX.**

**2017**

## **JURADO ASIGNADO:**

PRESIDENTE: M. en C. LUCÍA CORNEJO BARRERA  
VOCAL: M. en C. ARGELIA SÁNCHEZ CHINCHILLAS  
SECRETARIO: M. en C. TANIA GÓMEZ SIERRA  
1er. SUPLENTE: M. en C. JEANETTE ADRIANA AGUILAR NAVARRO  
2° SUPLENTE: Q.A JESÚS ANTONIO BEAZ RIVERA

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA: BIBLIOTECA DE FARMACIA Y ALIMENTOS, EDIFICIO E DE LA FACULTAD DE QUÍMICA. BIBLIOTECA DE ESTUDIOS PROFESIONALES, EDIFICIO A DE LA FACULTAD DE QUÍMICA.

ASESORA DEL TEMA:

---

M. en C. TANIA GÓMEZ SIERRA

SUSTENTANTE(S):

---

AXEL ANTONIO ORDOÑEZ

## AGRADECIMIENTOS

*Es menester, reconocer todo el esfuerzo que mis amados padres han hecho, desde el momento en que nací, para cuidar de mí, guiarme, enseñarme y dejarme la herencia más grande que pudieron haberme dado... Mi educación, mis principios y valores. Por esta razón, les dedico este trabajo y les doy las gracias por absolutamente todo lo que me brindaron y apoyaron para lograr llegar hasta este punto. ¡Los adoro con todo mí ser!*

*De igual manera, agradezco infinitamente y de todo corazón a todas aquellas personas, que en alguna manera, buena o mala, colaboraron y me dieron la fuerza para lograr llegar a mi meta; a quienes confiaron en mí y a los que no creyeron que lograría; a los que me impulsaron y a los que trataron de detenerme... A todas las personas que han cruzado por mi vida y han dejado alguna enseñanza. Porque sin mis padres y sin todos ustedes, no sería la persona que soy ahora.*

*Muchas gracias.*

*"Here's to the crazy ones. The misfits. The rebels. The troublemakers. The round pegs in the square holes. The ones who see things differently. They're not fond of rules. And they have no respect for the status quo. You can quote them, disagree with them, glorify or vilify them. About the only thing you can't do is ignore them. Because they change things. They push the human race forward. And while some may see them as the crazy ones, we see genius. Because the people who are crazy enough to think they can change the world, are the ones who do."*

*— Rob Siltanen*



# CONTENIDO

1. Introducción.....	1
2. Objetivos.....	3
3. Actividad física y ejercicio.....	4
3.1 Beneficios.....	10
3.2 Recomendaciones.....	14
4. Metabolismo energético en la actividad física y ejercicio.....	17
4.1 Adenosina Trifosfato (ATP).....	18
4.2 Fosfocreatina (CP).....	18
4.2.1 Síntesis de Fosfocreatina.....	19
4.3 Glucogenólisis.....	21
4.4 Glucólisis anaerobia.....	23
5. Movimiento y músculo.....	25
5.1 Estructura del músculo esquelético.....	26
5.2 Mecanismo de contracción.....	28
6. Movilización de cargas y entrenamiento de resistencia muscular.....	33
6.1 Principales disciplinas involucradas en el entrenamiento con cargas .....	35
7. Recomendaciones y regímenes nutricionales en el ejercicio.....	45
7.1 Recomendaciones y regímenes alimentarios en el entrenamiento de la fuerza.....	52
7.2 Hidratación y rehidratación.....	59
8. Uso de suplementos ergogénicos, alimenticios y esteroides anabolizantes.....	68
8.1 Suplementos ergogénicos.....	71
8.1.1 Creatina.....	71
8.1.2 L-carnitina.....	74
8.1.3 Óxido nítrico.....	75

8.2 Suplementos alimenticios.....	77
8.2.1 Proteínas en polvo y suplementación con aminoácidos.....	77
8.2.2 Multivitamínicos.....	80
8.3 Esteroides anabolizantes y otras hormonas.....	81
8.3.1 Testosterona y derivados.....	82
8.3.2 Hormona del crecimiento.....	89
8.3.3 Hormona tiroidea.....	92
9. Discusión.....	94
10. Conclusiones.....	101
11. Referencias.....	103
12. Anexos.....	112

## **ABREVIATURAS**

ACSM	Colegio Americano de Medicina del Deporte (American College of Sports Medicine)
ADP	Adenosina Difosfato
AF	Actividad Física
ATP	Adenosina Trifosfato
CDC	Centro para el Control y Prevención de Enfermedades (Center for Disease Control and Prevention)
CP	Fosfocreatina
CT	Cisternas Terminales
DHA	Ácido Docosohexanóico
ECNT	Enfermedades Crónicas No Transmisibles
EPA	Ácido Eicosapentanóico
FC <sub>máx</sub>	Frecuencia Cardíaca máxima/Capacidad Aeróbica
GEB	Gasto Energético Basal
GH	Hormona del crecimiento
HC	Hidratos de carbono
IgA	Inmunoglobulinas A
IgF	Factores de crecimiento insulínico
IWF	International Weightlifting Federation (Federación Internacional de Levantamiento de peso)
MET	Equivalente metabólico (Metabolic Equivalent of Task)
NK	Natural Killer
OMS	Organización Mundial de la Salud
PA	Potencial de acción
RS	Retículo Sarcoplásmico
SNC	Sistema Nervioso Central
T <sub>3</sub>	Triyodotironina
T <sub>4</sub>	Tetrayodotironina
TGC	Triacilgliceroles
TH	Hormona Tiroidea



# 1. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, se ha estimado que uno de cada cinco adultos es físicamente inactivo, lo cual representa el cuarto lugar de riesgo de mortalidad a nivel mundial (Dumith *et. al*, 2011; WHO, 2014). Realizar ejercicio moderado o algún tipo de actividad física está asociado con diferentes beneficios a la salud por ejemplo: la disminución del riesgo de padecer enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT) como la obesidad, enfermedades cardiovasculares, diabetes mellitus tipo II, algunos tipos de cáncer, además de reducir los niveles de estrés, ansiedad, depresión y mejorar el estado muscular y óseo (Aucella, 2015).

Hoy en día el músculo no es sólo el motor principal por el cual el organismo se mueve, también se considera una prioridad por los adultos jóvenes, en su mayoría, para adquirir una buena apariencia corporal según los estándares sociales, elevar su autoestima, el rendimiento físico y mantener un buen estado de salud (Guillen, 2009).

En el contexto social, el cuerpo es considerado un producto y responde a estereotipos corporales estandarizados como **“bellos” de cada momento** histórico. Por lo que se han generado numerosos métodos y ejercicios para incrementar el volumen de las diferentes capacidades físicas, destacando los relacionados con la movilización de sobrecargas o levantamiento de pesas. Este tipo de ejercicios ofrecen cambios rápidos y notorios, así como una gran variedad de beneficios a los diferentes sectores de la población, impactando directamente en el aumento de la fuerza muscular, la composición corporal, especialmente la hipertrofia muscular, y la mejora de la densidad y calidad ósea, fundamentalmente en las zonas cercanas a los músculos que intervienen en el ejercicio (Moreno, 2012).

Los efectos del entrenamiento con sobrecargas dependen de factores como la intensidad de la carga, volumen y frecuencia de entrenamiento, tiempo

de recuperación y velocidad de movimiento, los cuales se modificarán de acuerdo a los objetivos y metas a alcanzar. Para conseguir el máximo rendimiento se debe tener el control de forma directa e indirecta de la ingesta energética por lo cual es de gran interés conocer y saber controlar el papel metabólico relacionado con el glucógeno muscular y el consumo proteínico (Pérez-Guisado, 2008). Además, en los últimos años se ha promovido e incrementado el uso de suplementos y sustancias anabolizantes para mejorar el rendimiento físico, aumentar el tamaño muscular y reducir la grasa corporal de una manera rápida (Mendoza, 2008; De Groot, 2013).

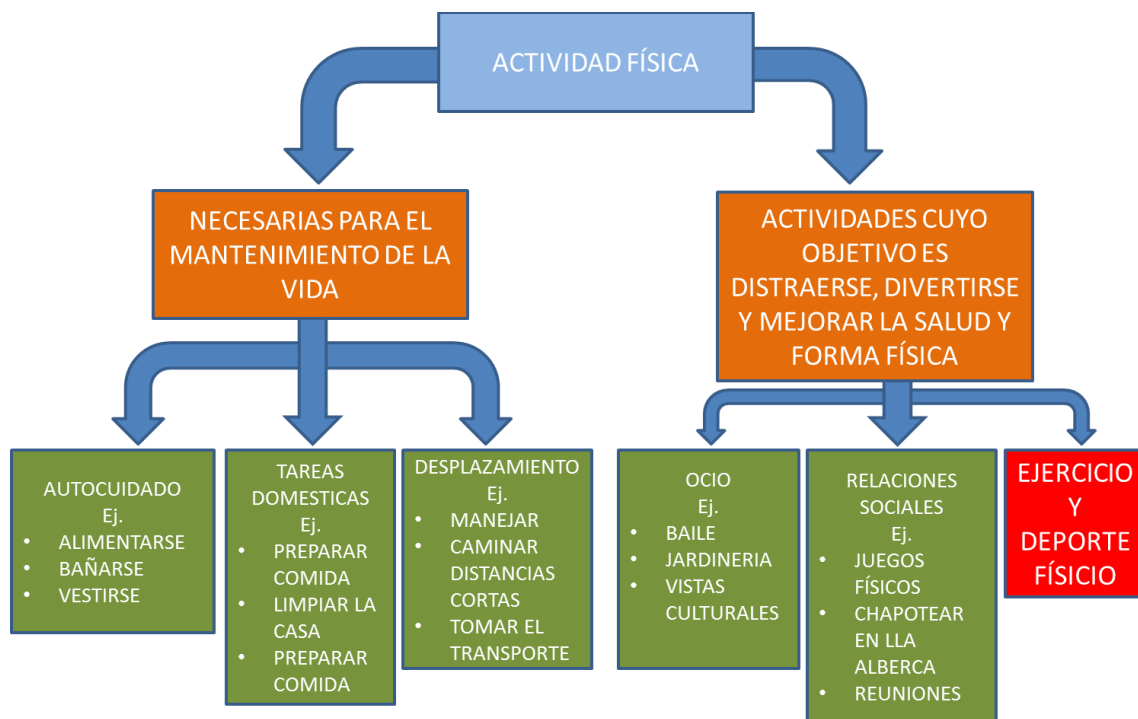
El uso de anabolizantes y suplementos en la práctica de levantamiento de peso y sobrecargas ha generado controversia debido a los efectos de éstos. En el presente trabajo monográfico se presentarán las características de la movilización de cargas y el entrenamiento de resistencia muscular, así como los aspectos relacionados a la alimentación de quienes realizan dicho ejercicio y los efectos asociados de las sustancias ergogénicas, anabolizantes y suplementos alimenticios para explicar su efecto fisiológico y los mecanismos asociados.

## **2. OBJETIVOS**

- Señalar las características de la actividad física y del ejercicio y presentar las recomendaciones de éstas en los diferentes sectores etarios.
- Exponer los beneficios a la salud de la realización de manera habitual de actividad física para conocer las consecuencias ante la falta de ésta.
- Presentar las características de la movilización de cargas y el entrenamiento de resistencia muscular, así como las recomendaciones dietéticas y algunos regímenes alimentarios que se utilizan durante la realización éstos.
- Describir y aclarar los conceptos de suplemento alimenticio y suplemento o sustancia ergogénica para presentar y analizar los principales efectos de éstos en el entrenamiento de movilización de cargas y resistencia muscular.

### 3. ACTIVIDAD FÍSICA Y EJERCICIO

La Organización Mundial de la Salud (OMS) define la actividad física (AF) como cualquier movimiento corporal producido por los músculos esqueléticos que requiera un gasto de energía sobre el nivel de reposo (Carspen *et. al*, 1985; WHO, 2014). Algunos ejemplos incluyen caminar, correr, andar en bicicleta o nadar. Estos pueden ocurrir a lo largo del día, durante el transporte del individuo, sus ocupaciones laborales, escolares o domésticas o en sus tiempos libres (Peniche, 2011; WHO, 2014). De acuerdo con la definición anterior, la AF se puede dividir en dos modalidades (Figura 1):



**Figura 1.** Definición y descripción de las distintas actividades físicas (Peniche, 2011).

En general las definiciones de AF coinciden en incluir toda acción motriz que supone un gasto energético, consecuentemente, las posibilidades de realizar la AF son variadas, por lo cual es importante identificar cuáles y en qué magnitud son las más adecuadas para generar beneficios a la salud,

promoviendo la regulación de los procesos metabólicos y de adaptación en el organismo (CONADE, 2010).

El término ejercicio, subcategoría de AF, es una actividad planeada, estructurada y repetitiva, y su principal objetivo es el desarrollo o mantenimiento de un estado físico (Carspen *et. al*, 1985; Wekesa, 2015). Ejemplos de ejercicio incluyen ejercicios anaeróbicos como levantamiento de pesas, calistenia, fisicoculturismo powerlifting, o bien, ejercicios aeróbicos como correr, ciclismo, natación por mencionar algunos. De igual manera el término deporte es una manera de estar físicamente activos aunque está definido como una AF e intelectual de naturaleza competitiva y gobernada por reglas institucionales (Castillo *et. al*, 2007).

El término aeróbico hace referencia al uso de grandes grupos musculares en actividades dinámicas que incrementan el ritmo cardiaco y el gasto de energía (Howley, 2001) y principalmente hace referencia al empleo de oxígeno en el metabolismo del cuerpo para la generación de energía. Los **ejercicios de carácter aeróbico, tales como "spinning"** (ciclismo aeróbico), **"running"**, **natación, trote ligero**, entre otros, son realizados a una intensidad baja o moderada y durante amplios periodos de tiempo (Aguilar *et. al*, 2014).

El ejercicio anaeróbico se caracteriza por el uso de un aporte de energía alto, rápido e inmediato durante un periodo corto tiempo. Durante la realización de estos ejercicios la obtención de energía se lleva a cabo durante la glucólisis anaeróbica formando lactato, utilizando glucógeno y el sistema de fosfágenos intramusculares. Algunos ejemplos son gimnasia, algunas pruebas atléticas como lanzamientos de disco, bala y jabalina, fisicoculturismo o levantamiento de pesas (movilización de sobrecargas). En éstos tipos de ejercicios se mejora la potencia y aumenta la masa muscular y consecuentemente, se desarrollan de manera diferente para

funcionar mejor en lapsos de corta duración y alta intensidad (Aguilar *et. al*, 2014).

Los ejercicios de resistencia o fuerza muscular, subcategoría del ejercicio anaeróbico, son aquellos diseñados específicamente para aumentar la fuerza, resistencia y volumen muscular, variando el número de repeticiones en una serie de ejercicios, el peso de la resistencia a cargar, el total de series a realizar y el tiempo de descanso entre cada una (Howley, 2001).

La AF está clasificada de acuerdo con la razón de energía requerida en función del gasto energético basal (GEB), que se define como la energía requerida para la conservación de las funciones vitales de un individuo en reposo, como el mantenimiento del tono muscular, temperatura corporal, respiración, actividades glandulares y celulares, entre otras.

El Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE.UU. (***U.S. Department of Health and Human Services***) define el Equivalente Metabólico (MET) como la unidad que describe el gasto de energía de una actividad específica respecto al GEB. Un MET es el índice considerado para el gasto en reposo; por lo tanto una actividad de 3 MET significa que el organismo consume tres veces más energía respecto a un estado de reposo. Si se relacionan los MET con el tiempo que se realiza dicha actividad se obtiene los MET-minutos de AF; es decir, si una persona realiza una actividad de 3 MET durante 40 min (3MET X 40 min) se obtiene 120 MET-minutos de AF, mismos que, de acuerdo al U.S. Department of Health and Human Services, se pueden obtener realizando una actividad de 8 MET durante 15 min (Peniche, 2011), por lo que las personas que disponen de tiempo limitado para ejercitarse pueden incrementar el nivel de intensidad de la AF (Tabla 1) que realizan y llevarla a cabo durante menos tiempo obteniendo así los mismos beneficios (Peniche, 2011). La

definición de intensidad a partir de la tasa metabólica en reposo (MET) es conocida como **intensidad absoluta**, mientras que la definición a partir de la frecuencia cardíaca máxima (capacidad aeróbica) se conoce como **intensidad relativa** (Peniche, 2011).

<b>NIVEL DE INTENSIDAD</b>	<b>INTENSIDAD ABSOLUTA</b>	<b>INTENSIDAD RELATIVA: 0=REPOSO; 10=MÁXIMO ESFUERZO</b>
<b>BAJA O LIGERA</b>	1.1 a 2.9 MET	<5 <45% capacidad aeróbica
<b>MODERADA</b>	3.0 a 5.9 MET	5 a 6 45 a 64% capacidad aeróbica
<b>VIGOROSA</b>	6.0 MET o más	7 a 8 65 a 84% capacidad aeróbica

**Tabla 1.** Clasificación de la AF de acuerdo al nivel de intensidad.

### **ACTIVIDAD FÍSICA LIGERA**

La AF ligera o de baja intensidad está definida como aquella que requiere un consumo de oxígeno o gasto energético hasta tres veces la necesidad en reposo o 3 MET. Se debe realizar con una frecuencia mínima de 3 veces por semana, una duración de 45 a 60 min y con un intervalo del 50 al 60% de la frecuencia cardíaca máxima (FC máx) o capacidad aeróbica (Peniche, 2011).

Estas actividades son relevantes ya que serán las encargadas de motivar y crear un grado de aceptación y adhesión por parte del individuo que empieza a incursionar en la realización de alguna AF programada. Son recomendadas para acondicionamiento básico y en algunos casos rehabilitación, por lo que sus efectos son considerados regenerativos. El

metabolismo energético más utilizado en estas actividades es el de ácidos grasos.

El acondicionamiento de los diversos grupos musculares se realiza con una frecuencia de dos sesiones por semana con cargas entre el 40 y 50% de la máxima repetición con un intervalo de 20 a 30 s y el máximo número de repeticiones que el individuo alcance con un movimiento lento y continuo. Aunque la estimulación sea ligera, garantiza la utilización de diversos sistemas energéticos y el reclutamiento de un gran número de fibras musculares, promoviendo la síntesis de proteínas y regulando los procesos metabólicos en el músculo esquelético (CONADE, 2010; McArdle, 2013).

### **ACTIVIDAD FÍSICA MODERADA**

Este nivel de actividad está definido como aquel que requiere de 3 a 5.9 MET e implican del 60 al 70% de la FC<sub>máx</sub>. De esta manera se obtienen los beneficios del ejercicio aeróbico al ejercer un equilibrio entre el consumo y el aporte de oxígeno.

La AF de carácter moderado se recomienda para el mantenimiento físico de cualquier persona que tenga un mínimo de condición y posea una capacidad básica de resistir estímulos de esfuerzo prolongado.

El ejercicio de fuerza se realiza con intensidades de carga entre el 60 y 70% de la máxima repetición, en intervalos de 15 a 20 s por serie con velocidad lenta y un tiempo de descanso que va de 30 s a 3 min y una frecuencia de 3 sesiones por semana. La duración de la actividad física moderada es entre 30 a 60 min por sesión. Durante estos ejercicios, el metabolismo energético se reparte entre los ácidos grasos e hidratos de carbono (HC) dependiendo el nivel de intensidad que se trabaje, aumentando la utilización de los segundos sustratos metabólicos al ir incrementando la intensidad de la AF (CONADE, 2010; Peniche, 2011).



## **ACTIVIDAD FÍSICA VIGOROSA**

Se define como aquella que utiliza de 6 MET en adelante o del 70 al 80% de la FC<sub>máx</sub>. En estos niveles de intensidad, la capacidad aeróbica mejora y va aumentando gradualmente; también se producen rápidas adaptaciones en el organismo y mejoras de la velocidad en esfuerzos de tipo cíclico como las carreras de tipo suave, ciclismo o natación (CONADE, 2010; Peniche, 2011).

Esta AF está recomendada sólo para personas con una buena condición física. Los trabajos de resistencia muscular son de carácter hipertrófico y de gran exigencia, por lo que se requiere modificar ciertos aspectos nutricionales y acompañar las actividades con trabajos de recuperación y utilizando cargas entre el 70 y 80% de la máxima repetición en un intervalo de 10 a 15 s por serie, a velocidad intermedia y con descansos de 30 s a 3 min, realizando dichas actividades de 5 a 6 veces por semana.

Las ventajas de realizar este tipo de ejercicios son múltiples y de gran impacto en el cuerpo ya que fortalece la capacidad de funcionamiento de los diferentes órganos y sistemas, por ejemplo el cardiorrespiratorio. Además el proceso adaptativo se vuelve relativamente breve haciendo posible aumentar la intensidad y las cargas en un corto periodo, aumentando la síntesis de mitocondrias, lo cual acelera el metabolismo y la producción de energía a partir de HC y no de ácidos grasos. También incrementa la producción de enzimas y síntesis de proteína, lo que se refleja en la masa muscular y por consecuencia, una mayor capacidad para resistir cargas externas (CONADE, 2010).

### **3.1 BENEFICIOS**

La salud puede ser entendida como un equilibrio entre el ámbito físico, biológico y psicológico de una persona, que se consigue con la ausencia de enfermedades y malestares (Benito, 2008; Diéguez, 2007, WHO, 2014). Un estado que permita la mayor eficiencia física (aquella que permite a un individuo realizar labores útiles) y las mejores condiciones psicológicas (refiriéndose a la percepción emocional y proceso de la información de manera lógica), permitirán garantizar un mínimo de éxito en todas las acciones y relaciones que lleve a cabo una persona en su vida diaria (Diéguez, 2007).

En los últimos años, se han demostrado los beneficios físicos y psicológicos de realizar AF con regularidad en diversos estudios (EUFIC, 2006; Márquez, 2013).

A través de la AF, los niños se descubren a sí mismos y reconocen el mundo que los rodea, además les permite adquirir hábitos saludables para la prevención de enfermedades tanto físicas como psicológicas disminuyendo factores de riesgo asociados a enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT). Además destaca aspectos como la apariencia y fuerza física, mejorando la autonomía, la confianza y el autoestima (Moreno, 2007).

Los adolescentes tienen una excelente herramienta de convivencia y desfogue, que también les enseña reglas, jerarquías, límites y posibilidades. Durante esta etapa, la práctica de AF constante provee efectos positivos a largo plazo sobre la salud ósea, masa muscular y habilidades físicas, fortaleciendo y aumentando el tamaño de los músculos, reforzando tendones, ligamentos y aumentando la densidad ósea previniendo durante la edad adulta la aparición de osteoporosis. Para los adultos es una de las mejores formas de prevenir enfermedades,

permitiendo la diversión y la convivencia social (EUFIC, 2006; Peniche, 2011).

Un aspecto importante a señalar de la AF es que debe llevarse a cabo de manera regular y consistente; debe ser de carácter sistemático, continuo y controlado, determinando un volumen, una intensidad y una frecuencia apropiada para obtener los efectos benéficos que se buscan, de lo contrario, realizarlas de manera esporádica no es suficiente para estimular apropiadamente los diferentes órganos y sistemas. Así mismo, grandes intervalos de inactividad física entre cada uno de los estímulos y los esfuerzos casuales desmedidos pueden ocasionar descompensaciones, lesiones y alteraciones en el organismo de las personas (CONADE, 2010). Además, ciertas medidas provisionarias y cambios en los comportamientos alimentarios, repercute de forma positiva en la prevención de diversos padecimientos como diabetes mellitus tipo II y enfermedades cardiovasculares hasta en un 80%; diversos tipos de cáncer en un 30% y disminuye el riesgo de sufrir muerte prematura (EUFIC, 2006; OMS, 2010; Rodríguez, 2010; Peniche, 2011).

Estudios han demostrado que la realización de actividad física moderada practicada con regularidad reduce el riesgo de contraer ECNT como accidentes cerebrovasculares, enfermedades cardiovasculares, diabetes mellitus tipo II, diferentes tipos de cáncer y depresión (OMS, 2010; Peniche, 2011; Francesconi *et. al*, 2016).

En el caso de enfermedades cardíacas (enfermedades coronarias, aterosclerosis, cardiopatías isquémicas, hipertensión arterial, apoplejías entre otras), la AF se asocia con efectos antitrombóticos, el aumento de la vascularización del miocardio y una mejora en la transmisión de los impulsos eléctricos del corazón.

El posible mecanismo fisiológico por el cual la AF beneficia a los pacientes con diabetes mellitus tipo II y reduce el riesgo de agravar la enfermedad se relaciona con el aumento de la masa muscular y la disminución del porcentaje de grasa. Además de tener una acción sinérgica a la insulina, aumentando la sensibilidad de los receptores de ésta y facilitando la entrada de glucosa a la célula (Márquez, 2013). De igual manera se ha demostrado que las personas obesas que realizan algún tipo de AF disminuyen el riesgo de sufrir alguna de estas ECNT y contribuye con la recuperación del peso normal (EUFIC, 2006).

La AF también puede prevenir el desarrollo de tumores mediante efectos tales como la mejora de diversos aspectos de la función inmunitaria, alteración de la síntesis de prostaglandinas, mantenimiento de los niveles hormonales o la disminución en el tiempo de tránsito digestivo de los alimentos con un incremento de la motilidad gastrointestinal (Márquez, 2013).

Desde hace dos décadas se comenzó a relacionar la AF con el bienestar psicológico, reducción del estrés, cambios en los estados emocionales y estados de ánimo, mejora de la autoestima y descensos en los niveles de ansiedad y depresión. La AF involucra una mejora del bienestar subjetivo, entendido como sentimientos de satisfacción con la vida, la familia y el trabajo.

En un estudio con personas sedentarias con un rango de edad de 61 a 77 años realizado en España, mediante un programa de AF aeróbica y otro de actividad no aeróbica, se demostró un incremento significativo en el bienestar psicológico y en la satisfacción en ambos grupos de ejercicio en comparación con los controles, siendo mayores estos beneficios en el grupo de actividad aeróbica. No obstante para que se produzca un efecto a

largo plazo se debe de contar con un estilo de vida activo (Márquez, 2013).

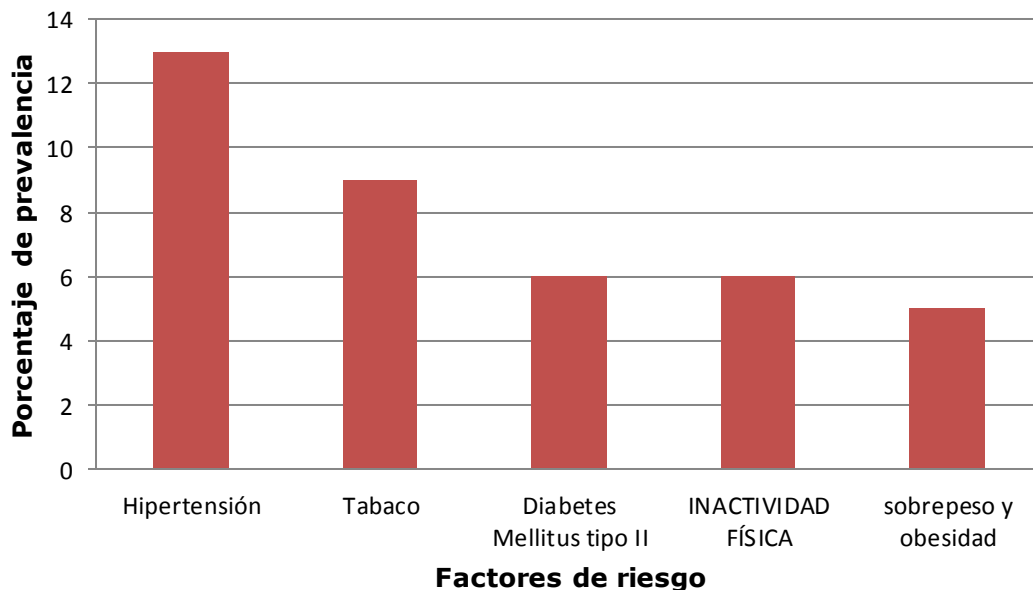
Diversos estudios indican que los hombres mejoran su autoestima tras un programa de entrenamiento satisfactorio, consiguiendo también una percepción más positiva de la propia imagen corporal acompañada de un incremento en la autoeficacia física (Márquez, 1995; Márquez, 2013).

La AF regular también impacta de manera importante en la reducción de los síntomas de la depresión. Se ha observado que los individuos que sufren de depresión son menos activos físicamente que los que no presentan esa condición y tanto el ejercicio aeróbico como el de fuerza presentan una reducción significativa en los síntomas de este padecimiento. Incluso, tiene utilidad terapéutica, por ejemplo, la realización de AF aeróbica de intensidad moderada durante 30 min al día por diez días, produce mejoras significativas en la condición de los individuos que presentan esta enfermedad (Márquez, 2013).

La mejora de la forma física a consecuencia del ejercicio facilita la aparición de estados emocionales positivos mostrando un aumento en la confianza, en la estabilidad emocional, independencia, autocontrol y memoria, acompañado de un incremento en el autoconcepto del individuo (Márquez, 1995).

A pesar de los efectos mencionados anteriormente, la inactividad física es un patrón común en la población, lo cual repercute considerablemente en la salud y se convierte en uno de los factores de riesgo más importante de mortalidad a nivel mundial superada sólo por la hipertensión, el consumo de tabaco y el exceso de glucosa en sangre (OMS, 2010; WHO, 2014) (Figura 2). Se estima que la inactividad física es la principal causa de aproximadamente 21 a 25% de los casos de cáncer de colon y de mama, 27% de los casos de diabetes y un 30% de la cardiopatías isquémicas, por

lo que las ECNT representan casi la mitad de la tasa de morbilidad a nivel mundial (OMS, 2010).



**Figura 2.** Enfermedades y factores de riesgo de mortalidad más importantes a nivel mundial (OMS, 2010).

En México, de acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) en 2015, el 56% de la población mexicana mayor de 18 años en el área urbana es físicamente inactiva (INEGI, 2015).

### 3.2 RECOMENDACIONES

Como ya se mencionó anteriormente, el sedentarismo o inactividad física es un factor que contribuye de manera importante a la aparición de ECNT, por lo cual diversos equipos especializados como la OMS, el Centro de Control y Prevención de Enfermedades (CDC), el Colegio Americano de Medicina del Deporte (ACSM) y la Asociación Americana del Corazón (AHA) han establecido las recomendaciones de AF, de acuerdo al grupo etario, incluyendo tres tipos principales de ejercicios: aeróbicos o de resistencia,

anaeróbicos o de resistencia o fuerza muscular y flexibilidad para mejorar la salud pública (Aguilar, *et. al*, 2014; Blair *et. al*, 2004; Frimel *et. al*, 2008; Foster *et. al*, 2012; Hernán, 2011; Lee, *et. al*, 2010; Willis, *et. al*, 2012; Wong, *et. al*, 2008). Actualmente la recomendación de AF para la mayoría de persona adultas sedentarias es de 30 min diarios (150 min a la semana mínimo) de AF moderada a intensa incluyendo ejercicios aeróbicos y de resistencia muscular, los cuales ayudan a prevenir daños a la salud y proveen grandes beneficios a la salud tanto física como mental (Francesconi *et. al*, 2016).

En 2008, el gobierno de los Estados Unidos (U.S. Department of Health and Human Services) publicó las primeras Recomendaciones sobre Actividad Física para los Estados Unidos, en las que se describen el tipo y la cantidad de AF que ofrece beneficios significativos para cada grupo etario de ese país (Peniche, 2009).

De igual manera, la OMS publicó en 2010 una guía de Recomendaciones Mundiales sobre la Actividad Física para la Salud, en la cual categoriza tres grupos etarios y generalizado para la población mundial, tomando en cuenta la disponibilidad de evidencia científica relacionada con los aspectos de salud seleccionados, los cuales abarcan salud cardiorrespiratoria, cerebrovascular, metabólica, salud del aparato locomotor, cáncer, salud funcional y depresión (OMS, 2010).

En México, la Secretaría de Salud en 2010 y el Instituto Nacional de Salud Pública, en su Encuesta Nacional de Salud y Nutrición publicada en 2012, hacen referencia a las recomendaciones de AF previamente establecidas por las OMS (INSP, 2012).

En la Tabla 2, se presentan las recomendaciones realizadas por la OMS y las publicadas por el *U.S. Department of Health and Human Services*.

**Tabla 2.** Comparación de las recomendaciones publicadas por la OMS y U.S. Department of Health and Human Services (Peniche, 2011; OMS, 2010).

Grupo de edad		Tiempo de AF		Características	
OMS	U.S. Dept. of Health and Human Services	OMS	U.S. Dept. of Health and Human Services	OMS	U.S. Dept. of Health and Human Services
De 5 a 17 años	Niños y adolescentes	60 minutos diarios de actividad física moderada o vigorosa 3 veces o mas por semana	60 min. o más de AF diaria	<p>*Ejercicios aeróbicos vigorosos, constituyendo la mayor parte de la AF.</p> <p>*Ejercicios de resistencia muscular para mejorar y fortalecer los grandes grupos musculares del tronco y extremidades. Realizar durante el transcurso de las actividades, trepando árboles o con movimientos de tracción/empuje o cualquier otro que no ponga en riesgo la salud.</p> <p>*Pueden realizarse en varias sesiones de mínimo 10 minutos hasta acumular el total recomendado.</p>	<p>*Aeróbico: la mayor parte de los 60 minutos con intensidad moderada a vigorosa. Mínimo tres veces a la semana.</p> <p>*Fuerza muscular: Mínimo 3 veces por semana como parte de los 60 min. diarios de AF, deben de ser seguros y no poner en riesgo la salud del individuo .</p> <p>*Fortalecimiento óseo: Deben cumplir un mínimo de tres veces a la semana con ejercicios para el fortalecimiento de huesos como brincar la cuerda Basketball o voleyball</p>
De 18 a 64 años - 16 -	Adultos jóvenes	Mínimo 150 minutos semanales de AF aeróbica moderada o 75 minutos de actividad aeróbica vigorosa	150 min. a la semana de AF aeróbica moderada o 75 min. de AF aeróbica vigorosa	<p>*Puede realizarse en varias sesiones de mínimo 10 minutos o en una única sesión.</p> <p>*Ejercicios de fuerza muscular se deben realizar de 3 a 5 días por semana, con una intensidad moderada o vigorosa en sesiones de 60 minutos.</p>	<p>*En el caso de personas ocupadas, pueden realizar la actividad física en sesiones no menores a 10 minutos hasta acumular el total recomendado.</p> <p>*Incluir ejercicios de fuerza muscular por lo menos dos veces a la semana.</p>
De 65 en adelante	Adultos mayores	Mínimo 150 minutos semanales de AF aeróbica moderada o 75 minutos de actividad aeróbica vigorosa	Mismas condiciones que adultos jóvenes siempre y cuando su condición lo permita	<p>*Se puede realizar en sesiones de mínimo 10 minutos.</p> <p>*De no poder alcanzar los niveles necesarios recomendados, se deben mantener activos hasta donde les sea posible y su salud se lo permita.</p> <p>*Se deben realizar ejercicios de fortalecimiento muscular de los grandes grupos musculares dos o más días a la semana.</p> <p>*Adultos mayores, realizar ejercicios de intensidad moderada para el mantenimiento del equilibrio y fortalecimiento de la musculatura al menos tres veces por semana.</p>	<p>*Ser tan activos como sea posible, según las condiciones de salud.</p> <p>*Realizar ejercicios para mejorar el equilibrio.</p> <p>*El sujeto determina el nivel de esfuerzo físico</p>



## **4. METABOLISMO ENERGÉTICO EN LA ACTIVIDAD FÍSICA Y EJERCICIO**

El término metabolismo se utiliza para describir todas las reacciones químicas que se producen en las células del cuerpo y el uso que se le da a los alimentos una vez digeridos, absorbidos y transportados hasta ellas (Patton, 2013).

Los dos principales tipos de actividad metabólica son el catabolismo, en el cual se llevan a cabo reacciones de hidrólisis que desdoblan las macromoléculas que componen a los alimentos y bebidas que se consumen (HC, proteínas y lípidos), en unidades químicas más pequeñas como monosacáridos, aminoácidos y ácidos grasos, respectivamente, liberando energía la cual es necesaria para la realización de las actividades diarias. Mientras que el anabolismo comprende reacciones de biosíntesis a partir de moléculas simples para generar biomoléculas más complejas como HC, proteínas, lípidos y ácidos nucleicos, haciendo uso de la energía, en forma de ATP, generada durante el catabolismo (Patton, 2013).

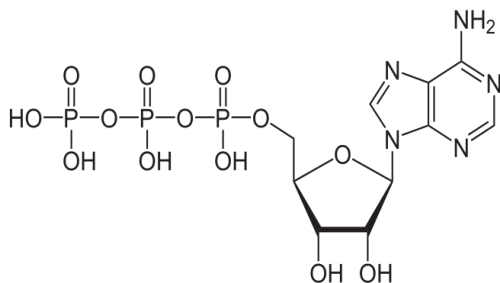
La energía obtenida a partir del metabolismo es almacenada en el organismo en forma de adenosina trifosfato (ATP), fosfocreatina (CP), glucógeno y glucosa sanguínea; de igual manera en forma de triacilgliceroles (TGC), ácidos grasos no esterificados y en menor cantidad como proteínas. La unidad de energía en el Sistema Internacional es el Joule y el aporte energético indica la cantidad de energía que pueden aportar los alimentos al organismo (Peniche, 2011).

La AF es el principal estímulo para el metabolismo energético. Las actividades, ejercicios o pruebas de corta duración e intensidad elevada, como las carreras de 100 m, carreras de natación, el golpe de una pelota de tenis, un tiro de fútbol, lanzamiento de jabalina o el levantamiento de

pesas, requieren de un aporte energético inmediato. Los compuestos fosfatados de alta energía necesarios para llevar a cabo este tipo de actividades son ATP y CP, los cuales se encuentran almacenados dentro de los músculos y brindan esta energía de manera casi exclusiva (McArdle, 2004).

#### 4.1 ADENOSINA TRIFOSFATO (ATP)

El ATP consiste en una molécula formada por una molécula de adenina, una de ribosa y tres fosfatos (Figura 3). Dos de los tres fosfatos están unidos por enlaces de alta energía que al romperse proporcionan la energía necesaria para la contracción muscular (Guillen, 2009; Patton, 2013). La hidrólisis de ATP es una reacción común para obtener energía. Esta molécula es la única forma de energía utilizada por los músculos durante su contracción, todas las demás fuentes de energía son sustratos para la síntesis o reciclaje de ATP. En los músculos, el ATP se vuelve disponible cuando las fibras musculares se contraen y se activa la enzima ATP-asa hidrolizando uno de los fosfatos de la molécula generando un ADP (adenosina difosfato) y energía (Peniche, 2011).



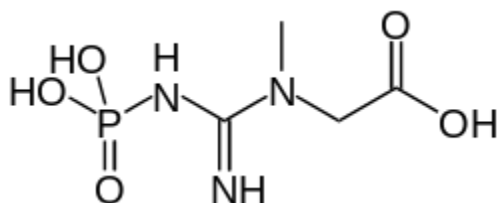
**Figura 3.** Molécula de Adenosina Trifosfato (ATP)

#### 4.2 FOSFOCREATINA (CP)

Las fibras musculares tienen que sintetizar ATP de manera continua, por lo que sólo pueden almacenarlo en pequeñas cantidades. Sin embargo, es posible conseguir energía con rapidez para su síntesis a partir del desdoblamiento de CP, que es compuesto de reserva energética formado

por una molécula de creatina y una de fosfato (Figura 4). La enzima creatincinasa es la encargada de catalizar la ruptura del enlace creatina-fosfato liberando fosfato inorgánico, el cual se combina con la molécula de ADP para formar ATP. Este proceso ocurre de manera rápida por lo que se puede mantener un ritmo de máximas contracciones mientras la concentración de CP sea suficiente para sintetizar ATP (Gil, 2010; Peniche, 2011, Patton, 2013).

Los compuestos fosfatados de alta energía intramusculares se deben sintetizar de forma continua y rápida para que el ejercicio anaeróbico se pueda llevar a cabo por un periodo más prolongado (McArdle, 2004). Las principales rutas metabólicas que intervienen en la formación de estos compuestos fosfatados son la glucogenólisis, glucólisis anaerobia y síntesis de CP (Gil, 2010; Peniche, 2011).



**Figura 4.** Molécula de fosfocreatina (CP).

#### **4.2.1 SÍNTESIS DE FOSFOCREATINA**

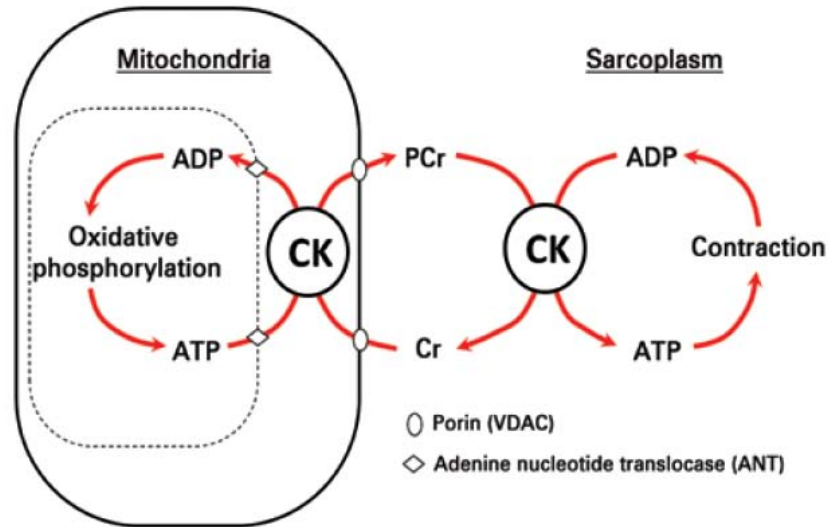
La CP es altamente energética, se almacena en las células musculares y constituye una fuente primaria de energía de reserva, ya que su concentración es aproximadamente 5 a 6 veces mayor que el ATP, siendo mayor en las fibras tipo II que en las fibras tipo I (Peniche, 2011). Su utilización es limitada debido a su baja concentración y a la pequeña cantidad que genera de ATP, por lo que puede proporcionar energía para sostener la actividad muscular durante solo unos segundos más (5 a 10 s) (Gil, 2010; Peniche, 2011).

Durante los primeros segundos de una actividad muscular intensa, la concentración de ATP se mantiene relativamente constante, pero la

concentración de CP disminuye rápidamente. Al llegar a la fatiga, los niveles de ATP y CP son muy bajos e incapaces de aportar energía para llevar a cabo contracciones adicionales. La recarga de creatina para resintetizar CP nuevamente, requiere de ATP ya existente, por lo que la célula debe contar con dicha disponibilidad metabólica o estar en relajación muscular. Al conjunto de CP-ATP se le conoce como sistema de fosfágenos o sistema anaeróbico aláctico, ya que la utilización de CP para la resíntesis de ATP está basada en la utilización de reacciones en donde no interviene el oxígeno y no hay productos de desecho como el ácido láctico (Gil, 2010).

La reacción por la cual la CP permite la fosforilación del ADP está mediada por la enzima creatincinasa, que además de ser casi exclusiva del músculo esquelético puede ser usada como indicador de daño muscular y como valoración del efecto del entrenamiento sobre la musculatura. Esta reacción de resíntesis de ATP consume un ion hidrógeno, lo que disminuye la acidosis muscular y por lo tanto retrasa la fatiga (Guillen, 2009; Peniche, 2011). Además de la creatincinasa, la enzima adenilatocinasa participa en la producción de energía anaeróbica al fosforilar dos moléculas de ATP (Peniche, 2011).

La reacción de hidrólisis de CP para formar ATP depende completamente de la disponibilidad de los sustratos y productos, por lo cual, durante el ejercicio muscular intenso, la reacción se inclina hacia la producción de ATP y durante la fase de recuperación lo hace hacia la formación de ADP, el cual posteriormente puede fosforilarse por alguna de las otras rutas metabólicas (Peniche, 2011; Guimarães, 2014).

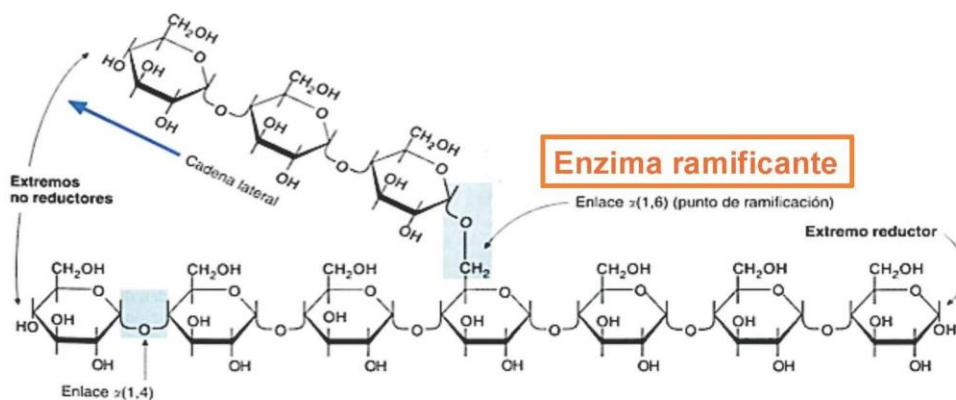


ADP: adenosine diphosphate; CK: creatinine kinase; PCr: phosphocreatine; ATP: adenosine triphosphate; Cr: free creatinine

**Figura 5.** Sistema de transporte de la fosfocreatina (Guimarães, 2014).

### 4.3 GLUCOGENÓLISIS

El glucógeno es la forma en la que los seres humanos y los animales almacenan los HC, principalmente en músculo y células hepáticas (Fried, 1990; Peniche, 2011). Es un polisacárido de moléculas de glucosa unidas por enlaces glucosídicos  $\alpha$  (1-4) y con ramificaciones formadas por enlaces  $\alpha$  (1-6) (Figura 6) (Fried, 1990; Peniche, 2011).



**Figura 6.** Estructura del glucógeno.

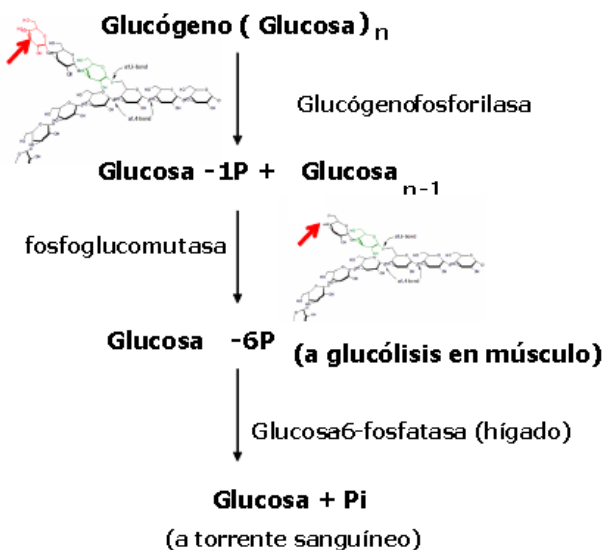
La glucogenólisis o degradación del glucógeno es el proceso de reconversión del glucógeno en glucosa (Peniche, 2011). Debido a su alto grado de ramificación su degradación se realiza rápida y simultáneamente liberando unidades de glucosa de los extremos no reductores.

Este proceso metabólico se lleva a cabo en dos pasos (Figura 8):

1) Fosforólisis del glucógeno por la enzima glucógeno fosforilasa para producir glucosa-1-fosfato.

2) La enzima fosfoglucomutasa transforma la glucosa-1-fosfato en glucosa-6-fosfato la cual puede seguir dos rutas, a) entrar a la vía glucolítica en el músculo esquelético o b) ser hidrolizada a glucosa por la enzima glucosa fosfatasa para llegar al torrente sanguíneo desde el hígado.

Las ramificaciones presentes en el glucógeno son hidrolizadas por la enzima desramificadora del glucógeno, la cual transfiere un trisacárido con uniones  $\alpha$  (1-4) hacia otro extremo no reductor generando así más enlaces  $\alpha$  (1-4) para la acción de la glucosa fosforilasa.



**Figura 8.** Representación de las reacciones de glucogenólisis (Carmona, 2011).

#### 4.4 GLUCÓLISIS ANAEROBIA

Durante el ejercicio intenso, el glucógeno intramuscular almacenado proporciona la fuente de energía para fosforilar el ADP durante la glucólisis anaerobia, formando lactato como producto (McArdle, 2004).

La glucólisis es un proceso metabólico en el cual la energía que se requiere para el funcionamiento del organismo se obtiene de los HC. Este proceso se lleva a cabo por la oxidación parcial de la glucosa hasta la obtención de piruvato teniendo una ganancia neta de 2 ATP (Figura 9) (Carmona, 2011).



**Figura 9.** Ecuación global de la glucólisis

La glucólisis consiste en 10 reacciones enzimáticas divididas en dos fases (Carmona, 2010):

Fase I. Activación de la glucosa por fosforilación mediante la enzima hexocinasa invirtiendo dos moléculas de ATP, permitiendo la hidrólisis de una fructosa fosfatada para la formación de dos triosas fosfato.

Fase II. Síntesis de moléculas con alto contenido energético; ATP, 1,3-bifosfoglicerato y fosfoenolpiruvato, a partir de las cuales, mediante fosforilaciones a nivel sustrato, se obtienen cuatro moléculas de ATP y piruvato como producto final.

Durante esta secuencia de reacciones enzimáticas, se van extrayendo de manera consecutiva y exhaustivamente los electrones de la glucosa, los cuales son aceptados por una coenzima conocida como  $\text{NAD}^+$  formando la especie reducida NADH. Esta coenzima debe ser reciclada a su forma oxidada  $\text{NAD}^+$  en algún punto del proceso metabólico, ya que ésta forma

se utiliza activamente durante varias reacciones del metabolismo (Carmona, 2011).

Esta regeneración se puede dar bajo dos condiciones: a) aeróbica, que sucede durante la fosforilación oxidante mientras exista un buen y adecuado aporte de oxígeno; b) anaeróbica, durante la fermentación láctica, la cual sucede en el músculo esquelético, cuando existe una deficiencia de oxígeno, formando lactato como producto o durante la fermentación alcohólica en levaduras y otros microorganismos (Carmona, 2011).

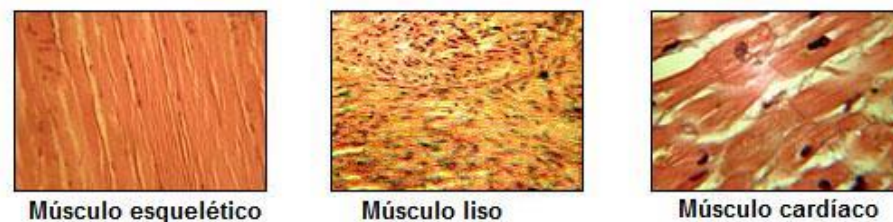
Sin un aporte adecuado de oxígeno, durante la realización de AF, para aceptar todos los hidrógenos que se forman en la glucólisis, el piruvato se convierte en lactato al aceptar un par de hidrógenos por molécula de piruvato, lo que mantiene una rápida y continua producción de ATP (McArdle, 2004).

La energía producida a través de la glucólisis anaerobia es crucial durante la realización de ejercicios cortos, pero de alta intensidad, como una carrera de 100 m, en deportes donde es necesario la realización de muchos "sprints" (arranques con velocidad) como el football, basketball, hockey o en deportes donde se requiera el uso de fuerza para realizar algún golpe o levantamiento de cargas como beisball, tenis, lucha o levantamiento de pesas (McArdle, 2004).



## 5. MOVIMIENTO Y MÚSCULO

Las células musculares están muy especializadas en la conversión de energía química en energía mecánica. Estas células utilizan la energía del ATP para generar fuerza o realizar distintos trabajos como el bombeo de sangre a todo el cuerpo, movimientos peristálticos o movimiento de cargas (Bruce, 2009). Por esta razón se distinguen en el cuerpo tres tipos de tejido muscular: músculo liso o visceral, cardíaco y músculo esquelético (Figura 10) (Bruce, 2009; Patton, 2013).



**Figura 10.** Cortes histológicos de los diferentes tipos de tejido muscular.

El tejido liso se encuentra localizado en las paredes de los órganos internos; el músculo cardíaco constituye la pared del corazón y el músculo esquelético o estriado voluntario forma los músculos unidos a los huesos (Patton, 2013).

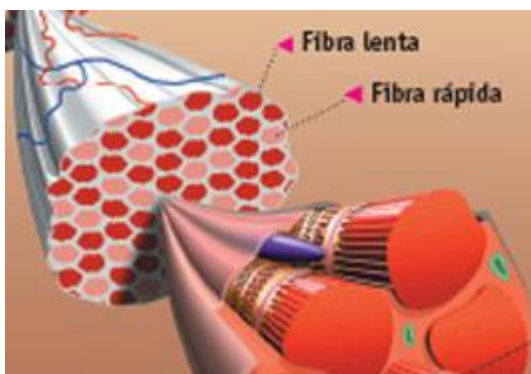
La supervivencia del ser humano siempre ha dependido de la capacidad para mantener un ambiente relativamente constante, lo que requiere de sucesiones de movimientos como por ejemplo, recoger e ingerir alimentos, movimientos de defensa, búsqueda de refugio y construcción y obtención de herramientas, así como vestidos u otros objetos. Muchos sistemas de nuestro organismo tienen algún papel en la realización de movimientos, pero en realidad, el sistema músculo-esquelético es el que permite llevar a cabo la mayoría de éstos.

El tejido muscular actúa sobre el esqueleto. En los miembros, el músculo abarca toda una articulación, lo que permite ejercer una acción tipo palanca. Este tipo de músculos están sometidos a control voluntario, es decir, están bajo el control del sistema nervioso central (SNC) y desempeña numerosas y vitales actividades, desde el mantenimiento de la postura hasta la respiración (Bruce, 2009).

## 5.1 ESTRUCTURA DEL MÚSCULO ESQUELÉTICO

Los músculos esqueléticos son un conjunto de órganos muy complejos en su estructura. Cada músculo está constituido por fibras musculares, las cuales se clasifican de acuerdo con su capacidad de trabajo (Drucker, 2005):

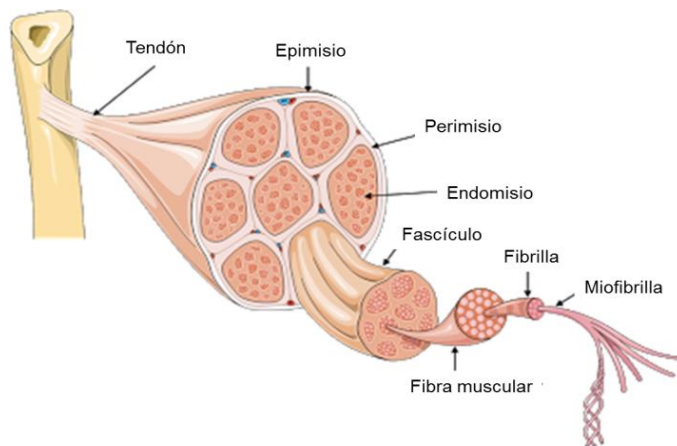
- Fibras tipo I o Rojas (Figura 11): Son fibras de contracción lenta y obtienen energía indefinidamente del torrente sanguíneo. Están profusamente irrigadas y tienen una gran cantidad de mitocondrias y mioglobina.
- Fibras tipo II o blancas (Figura 11): Estas son de contracción rápida, pero menos duradera, por lo que sus filamentos de miosina son estructuralmente diferentes. Poseen una gran capacidad de producción de ATP de manera anaeróbica. Existen dos subtipos, las tipo II A, que se contraen con rapidez, pero son más resistentes a la fatiga y las tipo II B que también participan como gran almacenamiento de glucógeno.



**Figura 11.** Representación esquemática de las fibras tipo I y tipo II en un fascículo muscular.

Las fibras musculares están cubiertas por una delicada membrana de tejido conjuntivo llamada endomisio. Las fibras musculares individuales se agrupan para formar fascículos, los cuales se encuentran rodeados por otra capa de tejido conjuntivo más fuerte conocida como perimisio. Dentro de éste se encuentran los vasos sanguíneos y los nervios responsables de **mandar la "orden de movimiento"**. Por último, el conjunto de fascículos agregados forman el músculo y el tejido conjuntivo que lo rodea se denomina epimisio (Figura 12) (Fried, 1990; Bruce, 2009).

Estas tres estructuras de tejido conjuntivo se unen y pueden continuarse con el tejido fibroso formando una estructura conocida como tendón (Figura 12) que es un potente y robusto cordón el cual ancla los músculos a los huesos, o bien, en forma de hoja ancha y plana denominada aponeurosis, que suele fundirse con el recubrimiento fibroso de otros músculos. Estas fibras están constituidas por elastina y colágeno, y sirven para transmitir el movimiento de las moléculas de actina y miosina hacia el esqueleto y permitir así el movimiento. También estas estructuras ayudan a prevenir lesiones de las fibras musculares por una sobre distensión o contracción excesiva debido a que son tan robustas y potentes que no se desgarran con tanta facilidad aún con lesiones lo bastante fuertes como para romper los hueso o desgarrar los músculos (Bruce, 2009; Patton, 2013).

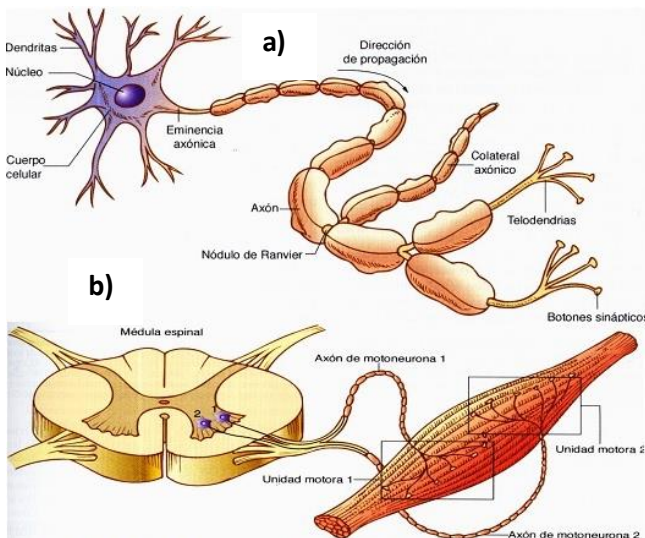


**Figura 12.** Esquema general de la composición del músculo esquelético.

## 5.2 MECANISMO DE CONTRACCIÓN

Los movimientos son el sistema principal a través del cual se interactúa con el mundo. La mayoría de actividades como correr, alcanzar algo, comer, hablar, escribir o leer, en última instancia implican actos motores, por tanto el control motor es una tarea fundamental del sistema nervioso, el cual genera señales para coordinar la contracción de los músculos del cuerpo, para mantener la postura o para realizar algún movimiento (Bruce, 2009).

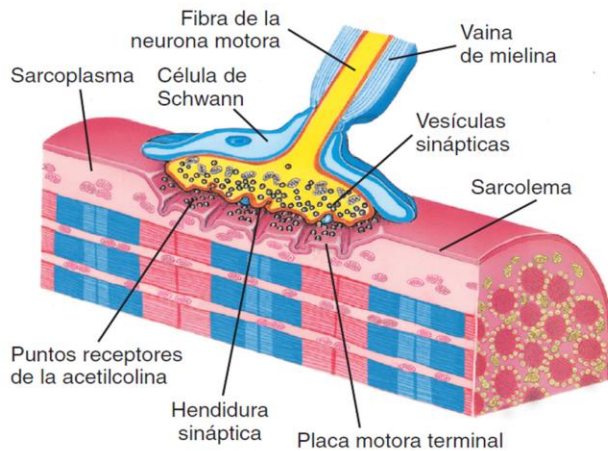
En circunstancias normales las fibras del músculo permanecen en reposo hasta que son estimuladas por una señal procedente de una célula nerviosa especializada denominada motoneurona (Bruce, 2009; Patton, 2013). Dichas neuronas motoras se originan en el asta anterior de la médula espinal y se clasifican en tres tipos:  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\gamma$ , y se dirigen a distintas fibras del músculo (Figura 13). Cada músculo esquelético se inerva por una motoneurona  $\alpha$ , que son fibras gruesas miélicas de alta velocidad de conducción que llevan la información elaborada por el SNC al músculo (Drucker, 2005).



**Figura 13.** a) Motoneuronas del asta anterior de la médula espinal que inervan las fibras musculares a través de los botones sinápticos.

b) Esquema de dos unidades motoras y sus ramificaciones. (Chicharro, 2006).

Las neuronas motoras están conectadas al sarcolema de la fibra muscular por una placa motora terminal formando una unión denominada unión neuromuscular. Esta unión es un tipo de conexión llamada sinapsis, que se caracteriza por una estrecha hendidura llamada hendidura sináptica (Figura 14) a través de la cual las moléculas neurotransmisoras transmiten diversas señales (Patton, 2013).



**Figura 14.** Imagen lateral de una unión neuromuscular. Se puede observar cómo el extremo de la fibra motora forma una sinapsis con una fibra muscular adyacente. Los neurotransmisores son liberados por las vesículas sinápticas neuronales y se difunden a través de la hendidura sináptica (Patton, 2013).

Esta sinapsis neuromuscular tiene características especiales (Bruce, 2009; Drucker, 2005):

- La fibra nerviosa se ramifica y se introducen en una invaginación de la membrana de la fibra muscular llamada depresión sináptica.
- La terminal de estas fibras nerviosas presenta una elevada cantidad de mitocondrias que les permite una rápida síntesis del neurotransmisor acetilcolina.
- Dicha terminal también presenta gran cantidad de pequeñas vesículas sinápticas que le permiten la rápida recaptura de la acetilcolina liberada.
- En el fondo de la depresión se encuentran los receptores nicotínicos para la acetilcolina y una gran cantidad de acetilcolinesterasa para poder degradar con rapidez el neurotransmisor.

Cada motoneurona se ramifica y puede inervar aproximadamente 100 fibras musculares. Este conjunto de fibras inervadas por una misma motoneurona recibe el nombre de unidad motora. Las fibras musculares de cada unidad motora no están todas unidas, éstas se encuentran intercaladas con las fibras de otras unidades motoras para generar una contracción muscular uniforme (Drucker, 2005).

Una unidad motora está constituida por un nervio motor y todas las fibras musculares que inervan. El número de motoneuronas y el tamaño de éstas varían en función del músculo y del tipo de movimiento que realice. Los músculos de alta precisión tienen más motoneuronas por área de superficie y cada una inerva menos fibras musculares. Un ejemplo de esto es el músculo recto del ojo, en el cual pocas fibras musculares se inervan por cada motoneurona por ello el movimiento ocular se puede controlar con gran precisión (Bruce, 2009).

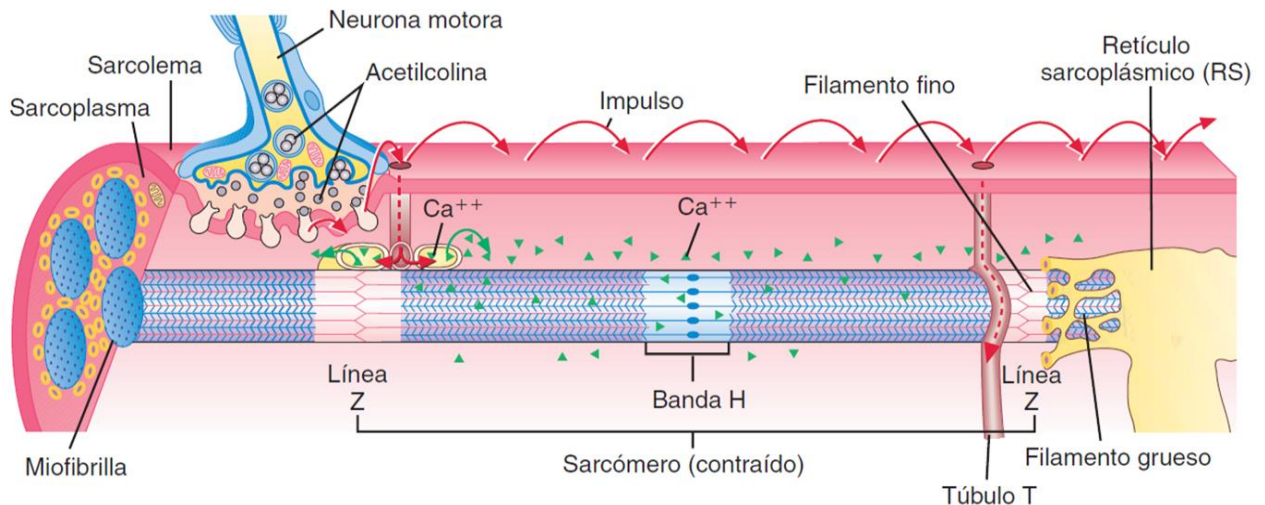
Para que el mecanismo de contracción muscular se lleve a cabo se deben considerar varios mecanismos que deben coordinarse de manera gradual:

1. Generación del potencial de acción (PA) o impulso nervioso. Éste se origina por la diferencia de potenciales entre la porción externa e interna de la membrana neuronal generado por iones  $\text{Na}^+$  y  $\text{K}^+$ , los cuales durante la etapa de reposo son bombeados de acuerdo a la siguiente relación: tres iones  $\text{Na}^+$  del interior al exterior por cada dos iones  $\text{K}^+$  del exterior al interior de la membrana neuronal.

En la etapa de contracción, la bomba  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ , cambia su relación, permitiendo una mayor permeabilidad en el exterior de la membrana neuronal para iones  $\text{Na}^+$ , los cuales ingresan al interior de la célula cargándola positivamente y por ende, dejando el exterior con carga negativa, en un proceso conocido como despolarización (hasta alcanzar 0 mV). Posteriormente, se presenta una fase de

hiperpolarización (pasando de 0 a 35 mV) permitiendo así la generación del PA, para después continuar con un estado de repolarización (de 35 a 0 y de 0 a 90 mV) regresando a condiciones de reposo (Ramírez, 2011).

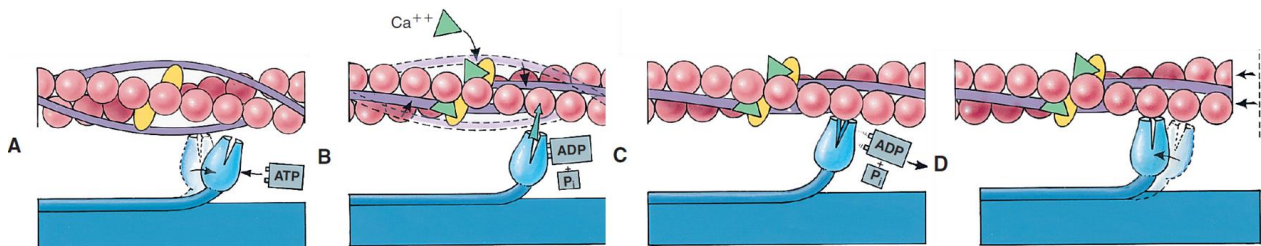
2. Garantizar que el potencial de acción (PA) generado por el SNC llegue a la motoneurona y posteriormente al músculo. Esto gracias a la gran cantidad de canales de calcio y vesículas sinápticas presentes en la motoneurona, lo que garantiza que a la llegada de un PA se libere suficiente acetilcolina para excitar la membrana de la fibra muscular. Además, una gran concentración de acetilcolinesterasa en la hendidura sináptica posibilita una rápida degradación de acetilcolina permitiendo una nueva excitación (Drucker, 2005).
3. La apertura de canales de sodio en la membrana de la fibra muscular permite que grandes cantidades de iones  $\text{Na}^+$  viajen al interior de la membrana generando así el PA en la fibra muscular (Ramírez, 2011; Patton, 2013).
4. El PA despolariza la membrana de la fibra muscular viajando sobre esta y parte del PA viaja al interior de la fibra muscular a través de los túbulos T provocando la liberación de una gran cantidad de iones  $\text{Ca}^{2+}$  procedentes de las CT del RS hacia el sarcoplasma (Figura 15) (Bruce, 2009; Ramírez, 2011; Patton, 2013).



**Figura 15.** Efectos de la excitación de una fibra muscular. El PA generado por el SNC se desplaza a través del sarcolema y por los túbulos T donde estimula los sacos adyacentes del RS para que liberen una oleada de iones  $\text{Ca}^{2+}$  al sarcoplasma quedando disponibles para unirse a las moléculas de troponina de los filamentos de actina (Patton, 2013).

5. Los iones de  $\text{Ca}^{2+}$  se combinan con las moléculas de troponina C de los filamentos finos, permitiendo que la tropomiosina se desplace descubriendo los puntos activos de la actina. Una vez descubiertos los puntos activos de los filamentos finos, los enlaces cruzados de miosina, que se encontraban en un estado de reposo tras unirse a ellas un ATP, se unen a los sitios activos de la actina, liberando los restos de la hidrólisis de ATP (ADP + fosfato inorgánico). Entonces, las cabezas de miosina se inclinan con gran fuerza tirando de los filamentos finos hacia el centro del sarcómero. Cada cabeza se libera del sitio activo y se une al siguiente tirando de nuevo, permitiendo así el rápido acortamiento de toda la miofibrilla y por lo tanto de todo el músculo (Figura 16) (Bruce, 2009; Ramírez, 2011; Patton, 2013).





**Figura 16.** Bases moleculares de la contracción muscular (Patton, 2013).

6. Una vez terminado el PA, el  $\text{Ca}^{2+}$  es retirado del sarcoplasma. Dado que los elementos de transporte activo del RS tienen mayor afinidad por el  $\text{Ca}^{2+}$  que las moléculas de troponina C, se desprende de estas y regresa a las cisternas del RS concluyendo el proceso de contracción, ya que sin el  $\text{Ca}^{2+}$  unido a la troponina C, la tropomiosina bloquea de nuevo los puntos activos de la actina (Ramírez, 2011; Patton, 2013).

## **6. MOVILIZACIÓN DE CARGAS Y ENTRENAMIENTO DE RESISTENCIA MUSCULAR**

El entrenamiento con cargas o ejercicio de resistencia muscular, normalmente denominado musculación y en algunos casos "fitness" presenta una connotación variada dependiendo el ámbito en que se utilice. Aunque al parecer, en muchos casos, estos dos conceptos se han utilizado de manera indistinta (Benito, 2008).

La Real Academia Española, en su 22ª edición definió el término musculación como "acción y efecto de muscular" y acción de muscular como "el desarrollo de los músculos a través del ejercicio físico" (RAE, 2001), teniendo como objetivos el aumento de fuerza o recuperación de fuerza en caso de rehabilitación, la hipertrofia funcional, desarrollando ciertos grupos musculares que servirán para alguna actividad o deporte específico, y la hipertrofia estética que se acompaña de altos niveles de

definición muscular, simetría corporal y reducción de grasa corporal (Benito, 2008).

La hipertrofia es el aumento del tamaño del músculo y niveles de fuerza debidos, en mayor medida, al entrenamiento con sobrecargas. Este crecimiento puede ser de dos tipos:

- Agudo: Se presenta después de una serie de ejercicios. Se produce hinchazón muscular con presencia de líquido intracelular y extracelular, que desaparecen después de unas horas de finalizar el ejercicio y no queda aumento de tamaño muscular (Guillen, 2009).
- Crónico: Este estado se alcanza a través del entrenamiento con sobrecargas teniendo resultados a largo plazo. En este caso se producen cambios estructurales que aumentan el tamaño de las fibras musculares maduras por un incremento en el número de miofilamentos, miofibrillas, tejido conjuntivo muscular y aumento de la síntesis proteínica (Guillen, 2009; Patton, 2013).

Existen cinco factores que determinan el crecimiento muscular:

- A) La genética, que determina el potencial de crecimiento y desarrollo muscular, lo que explica las diferencias entre individuos.
- B) El ejercicio físico es indispensable para la hipertrofia, ya que es un factor de estrés que causa alteraciones a nivel celular y pone en marcha mecanismos fisiológicos coordinados que llevan a la adaptación, aumento de tamaño y fuerza muscular.
- C) El estado nutricional, ya que el aporte de material proteínico para la formación miofibrillas y síntesis de proteínas es indispensable.
- D) El sistema endocrino, que es sensible al ejercicio con sobrecargas, provoca una respuesta hormonal de testosterona, insulina, GH

(hormona del crecimiento), hormonas tiroideas y factores de crecimiento que desencadenan diversos procesos celulares, reacciones enzimáticas, secreciones, activaciones genéticas entre otros que dan como resultado el nivel anabólico necesario para producir hipertrofia.

E) La inervación, que explica en gran medida los cambios en la fuerza muscular relativamente independiente de la masa muscular obtenida (Guillen, 2009).

## **6.1 PRINCIPALES DISCIPLINAS INVOLUCRADAS EN EL ENTRENAMIENTO CON CARGAS**

Los deportes o disciplinas relacionadas con el entrenamiento con cargas como medio para conseguir sus objetivos principales, no han cambiado prácticamente desde los últimos 20 años y aunque todos estos deportes tienen objetivos diferentes y sus entrenamientos suelen ser diferentes, también comparten ciertas características (Benito, 2008).

Existen diversas disciplinas deportivas que utilizan el entrenamiento en salas de musculación (entrenamiento con cargas) como complemento de sus actividades deportivas. La realización de este tipo de entrenamiento es de gran ayuda en la preparación física general, ya que puede potenciar específicamente ciertas cualidades o grupos musculares esenciales para algunas actividades deportivas, por ejemplo: en los deportes de resistencia como maratones o en natación, ya que la fatiga muscular está directamente relacionada con la capacidad del músculo de soportar esfuerzos repetitivos durante un largo periodo de tiempo (Benito, 2008).

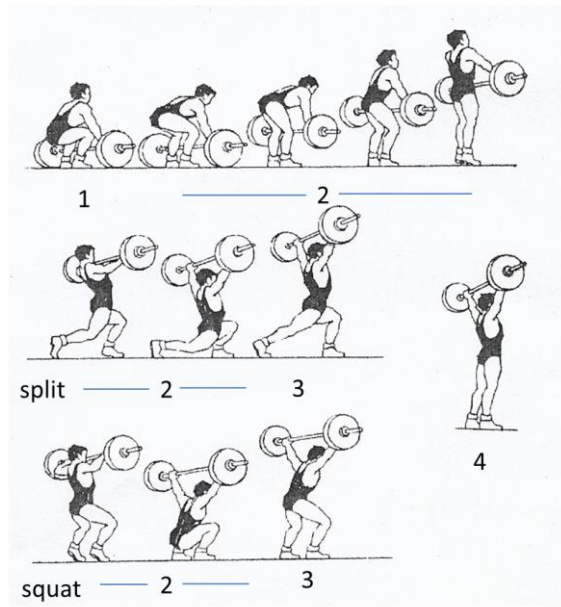
### **HALTEROFILIA**

Es un deporte de fuerza y potencia muscular que consiste en el levantamiento de la mayor cantidad de peso posible en una barra, en

cuyos extremos se fijan varios discos, los cuales determinan el peso final a levantar. A dicho conjunto se denomina haltera (CNAR, 2016). El objetivo principal de este deporte olímpico es levantar el mayor peso posible tanto en arrancada como en dos tiempos (Benito, 2008).

El movimiento olímpico de la arrancada consiste en llevar el máximo peso posible desde el suelo hasta la posición de extensión completa conforme a los criterios técnicos de IWF (International Weightlifting Federation) (Benito, 2008), como se describe a continuación y se muestra en la Figura 17.

1. El movimiento empieza estando la barra colocada horizontalmente sobre la plataforma delante de las piernas del competidor. El competidor toma la barra con las palmas hacia abajo y cerca de los extremos.
2. Se procede a la alzada en un solo movimiento desde la plataforma hasta la completa extensión de los brazos por encima de la cabeza mientras se realiza la flexión de las piernas en un movimiento de split o squat (sentadilla).
3. Cuando se ha logrado levantar la barra con extensión total de los brazos, el competidor tiene el tiempo de recuperación que necesite antes de empezar a tomar una posición erguida.
4. El peso debe ser mantenido en posición de inmovilidad permaneciendo los brazos y piernas totalmente extendidos (CNAR, 2016).



**Figura 17.** Movimiento de arrancada con sus dos vertientes (Benito, 2008).

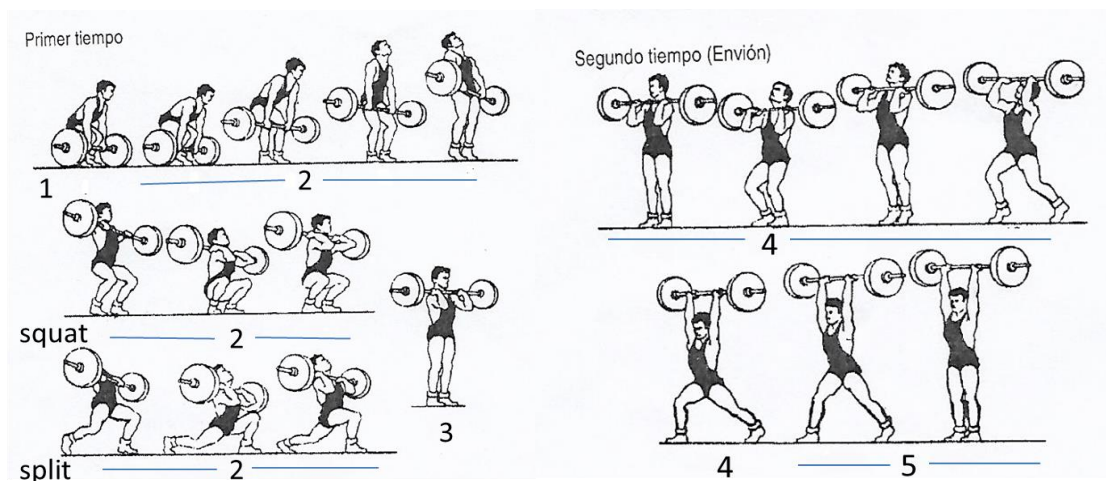
La segunda prueba conocida como dos tiempos (clean & jerk) o prueba de envión como su nombre lo indica se divide en dos partes (Figura 18):

La primera parte comienza con la barra en posición horizontal sobre la plataforma.

1. El competidor se ubica detrás de la barra y la toma con las palmas hacia abajo.
2. En un solo movimiento continuo se lleva la barra desde la plataforma hasta los hombros mientras las piernas realizan una flexión, ya sea en posición de squat o split.
3. El primer tiempo termina con la barra apoyada sobre las clavículas o el pecho, con los brazos flexionados totalmente y las piernas en extensión total permaneciendo inmóvil.
4. Para el segundo movimiento (envión), el atleta flexiona las piernas realizando un movimiento de desplante y empuja la

barra hasta la plena extensión de los brazos colocándolos por arriba de la cabeza.

- Una vez que la barra está por encima de la cabeza, el competidor regresa de la posición de squat o desplante para terminar con los pies bien alineados y totalmente extendidos al igual que los brazos hasta que los jueces indican que se puede bajar la barra (CNAR, 2016).



**Figura 18.** Representación del movimiento de dos tiempos (clean & jerk) en su secuencia completa (Benito, 2008).

Al ser un deporte olímpico, éste consta de reglas generales así como de vestimenta oficial. La vestimenta consiste en la butarga que puede ser de una o dos piezas, deberá cubrir el tronco de los competidores, ser de licra, sin cuello y no deberá cubrir ni codos ni rodillas. El cinturón es opcional y su función es mantener estable la base de la columna. Puede ser de hasta 12 cm de ancho y no está permitido usarlo por debajo de la butarga. El calzado para halterofilia protege los pies, proporciona estabilidad y permanencia sobre la tarima; debe estar hecho de cuero, el tacón de madera debe estar reforzado con goma, puede tener una cinta sobre el empeine para mejorar el agarre y la altura máxima permitida es de 13 cm.

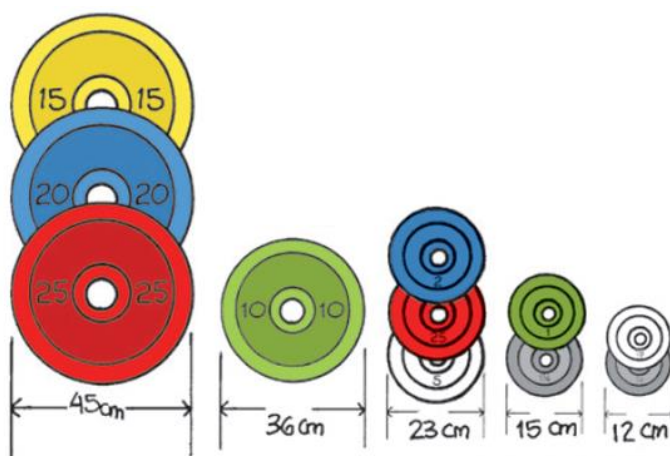
Los vendajes pueden ser de gasa o elásticos, y utilizarse solamente en muñecas, rodillas y manos. La superficie que pueden cubrir en las muñecas es de 5 cm y de 20 cm en la rodilla (CNAR, 2016).

Los aditamentos que se usan en este deporte son dos: la barra y los discos. Existen dos tipos de barra, una para los hombres, que pesa 20 kg y mide 2.20 m con un diámetro es de 2.8 cm y tiene unas marcas de color azul para su rápida identificación.

La de las mujeres pesa 15 kg, mide 2.10 m, tiene un diámetro de 2.5 cm y marcas amarillas para su rápida identificación (CNAR, 2016).

Los discos son de diferente color y diámetro según su peso y están clasificados en la Figura 19.

Son de hierro fundido pero los de 10 kg o menos pueden ser de otros materiales. Los discos más pesados deben estar recubiertos por una goma o plástico para proteger la plataforma. Los discos de 0.5 kg y 0.25 kg sólo se utilizan cuando se intenta imponer un récord (CNAR, 2016).



**Figura 19.** Clasificación de los discos de halterofilia según su color y tamaño (CNAR, 2016).

Existen ocho categorías en hombres empezando desde menos de 56 kg y hasta más de 105 kg y en mujeres son 7 categorías empezando desde menos de 48 kg y hasta más de 75 kg. Las categorías por edades, a nivel internacional, se dividen en dos, juveniles de 16 a 20 años y mayores de 20 años en adelante (CNAR, 2016).

En este deporte olímpico, además de requerir una gran fuerza, se requieren niveles de control físico, psíquico y autocontrol que son difíciles de conseguir en otros deportes donde la concentración contribuye en menor medida al éxito de la prueba (Benito, 2008).

## **POWERLIFTING**

El powerlifting es un deporte que se practica con una barra cargada con discos de hierro de unas dimensiones determinadas, cuyo objetivo es levantar el mayor peso que sea posible en tres ejercicios diferentes: sentadilla, levantamiento de peso muerto y press de banca.

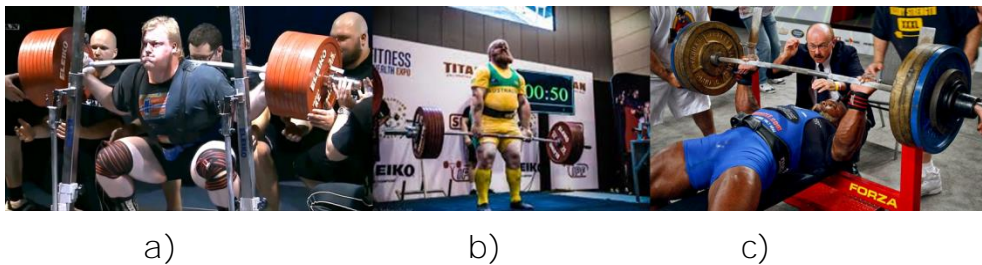
Una competencia de powerlifting se compone de tres pruebas, las cuales enfatizan la fuerza pura sin prestar mucha importancia a la forma ni al equilibrio (Doncel, 2010):

- La sentadilla profunda (Figura 20a), que muestra la fuerza de las piernas, se lleva a cabo estando de pie y colocando una barra cargada con discos en la parte posterior de los hombros. Se procede a realizar una flexión profunda de las rodillas para posteriormente volver a levantar la carga llevándola a la posición inicial.
- Levantamiento de peso muerto a dos manos (Figura 20b), el cual comienza con la barra cargada con discos en el piso. El levantador se coloca por detrás de la barra tomándola con las dos manos y elevando el peso desde el suelo hasta la altura de las caderas en un



solo movimiento y regresando a la posición inicial poniendo a prueba la fuerza de la espalda baja y el agarré del competidor.

- El press de banca (Figura 20c), que consiste en levantar una carga recostado en una banca comenzando con los brazos extendidos, bajando verticalmente hasta el pecho y volviendo a subir la carga en la misma dirección hasta conseguir la extensión completa de los brazos poniendo de manifiesto la fuerza y la potencia del tren superior.



**Figura 20. a)** Sentadilla profunda; **b)** Levantamiento de peso muerto a dos manos; **c)** press de banca.

Durante las competencias, cada participante dispone de tres intentos en cada uno de los levantamientos, de los cuales se considera para el resultado total el intento válido en el que se haya conseguido la marca más alta. Dada la naturaleza de este deporte se considera el powerlifting como una disciplina de fuerza máxima.

Las competencias se dividen en dos categorías principales femenil y masculina dentro de la categoría femenil se establecen 9 subcategorías de peso empezando desde menos de 48 kg Y hasta más de 90 kg. La categoría masculina se subdivide en 10 categorías empezando desde menos de 56 kg y hasta más de 125 kg. También existen tres categorías dependiendo de edad de los competidores (Doncel, 2010):

- Subjunior desde 14 hasta 18 años
- Junior desde 19 hasta 23 años

- Veteranos a partir de 40 años
- Existe también una categoría extra conocida como absoluta en la que pueden participar una vez cumplidos los 14 años.

## **FISICOCULTURISMO**

El origen de este deporte está vinculado al francés, Hipólito Triat (1812-1881), **considerado el "Padre del Culturismo Moderno"**, quien descubrió en la era moderna, que elevar pesas de forma reiterada producía un desarrollo en la musculatura, para lo cual diseñó una serie de ejercicios y estructuró la forma de trabajar con pesas, utilizando las series y las repeticiones. La escuela de Triat se fue desarrollando a lo largo de los años pasando de maestro a alumno hasta lo que se conoce hoy día (Abeigón, 2013).

El término culturismo fue acuñado en el año 1945 Marcel Rouet y Pierre Lelong, quienes hicieron un paralelismo entre atletismo y culturismo **preguntándose: "si se utiliza el término atletismo para definir a los atletas, ¿por qué no llamar culturismo al arte de practicar la cultura física en todas sus formas para alcanzar un estado de salud óptimo y mantenerlo?"** (Benito, 2008).

El inicio de este deporte está asociado directamente al ideal helénico de perfección no física exclusivamente sino también intelectual y moral quedando el culturismo definido como un sistema de cultura física y un concepto de vida cuya finalidad es el desarrollo integral de la personalidad. Mientras el culturismo pretende que el individuo desarrolle un estilo de vida integral en todo aspecto, el término fisicoculturismo o bodybuilding se centra exclusivamente en el desarrollo físico equilibrado (Benito, 2008).

El fisicoculturismo es una competencia de exhibición que consiste en la adopción de una serie de posturas corporales definidas que tienen como objetivo principal presentar la masa muscular del individuo de la forma

más estética posible comparando con otros competidores en distintas categorías y pesos. Son calificados por jueces que dan una puntuación de acuerdo a la actuación de cada participante, ganando aquel que más puntos obtenga.

La competencia se basa en una serie de poses comparativas y una coreografía los cuales son calificados por los jueces de acuerdo a los siguientes criterios: volumen muscular alcanzado, proporción y simetría de los grupos musculares, definición de la masa muscular y dotes artísticas del competidor (Benito, 2008).

Hoy en día existen cuatro modalidades diferentes de competencia, fisicoculturismo, fitness, bodyfitness y classic bodybuilding, los cuales varían en pequeños detalles aunque cada uno tiene su propio reglamento bien desarrollado por la IFBB (International Federation of BodyBuilding and Fitness) (Benito, 2008).

La principal diferencia entre estas cuatro modalidades es el tamaño o grado de musculatura de los participantes definiéndolos como:

Fisicoculturismo (Figura 21 A): concursos para los hombres o mujeres que prefieren desarrollar la máxima musculatura posible, manteniendo una figura atlética, proporcionada, simétrica y estéticamente agradable (IFBB, 2016).

**A)**



**B)**



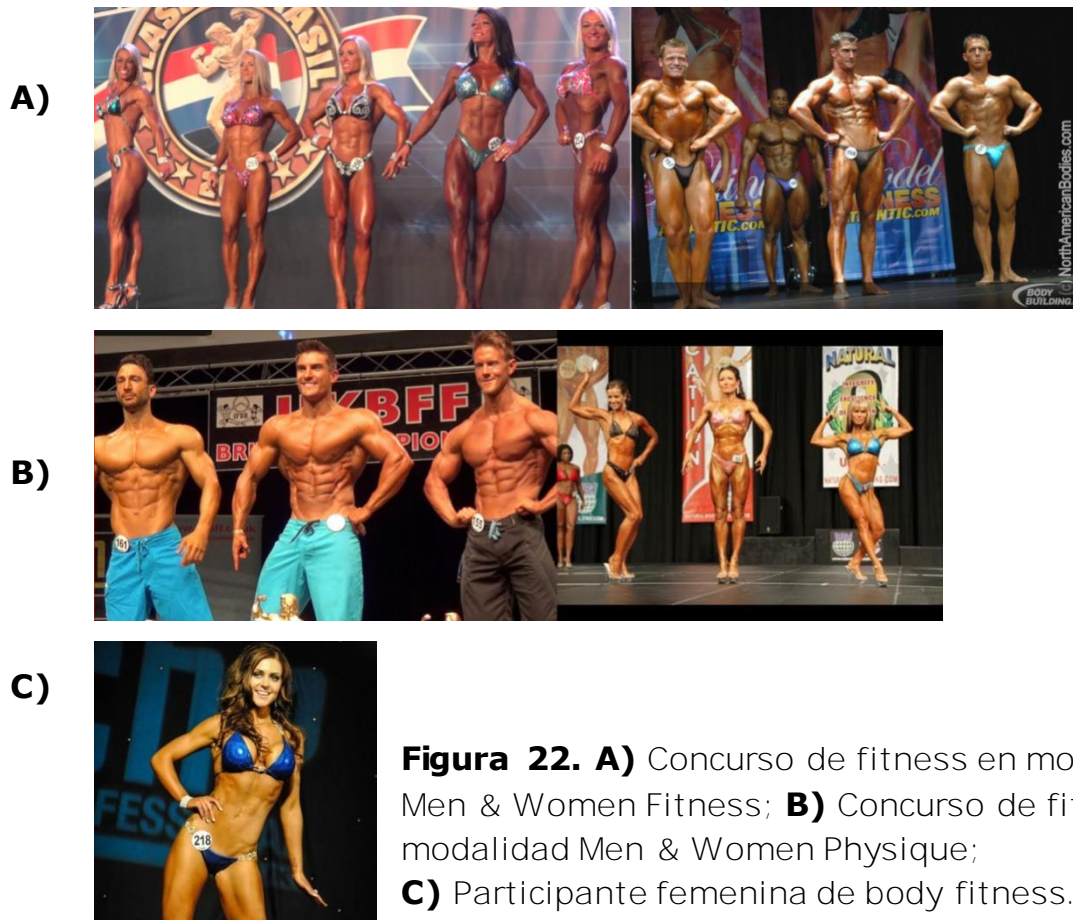
**Figura 21. A)** Apariencia de un hombre y una mujer fisicoculturistas;  
**B)** Apariencia de un hombre y una mujer “*classic bodybuilders*”

Classic bodybuilding (Figura 21 B): concursos para los hombres o mujeres que prefieren, a diferencia de los fisicoculturistas actuales, desarrollar una musculatura menor, manteniendo una figura atlética y estéticamente agradable (IFBB, 2016).

Fitness: modalidad enfocada para hombres y mujeres que gustan de una musculatura mucho menor que las dos modalidades anteriores. Esta se compone de tres submodalidades, Men & Women Fitness (Figura 22 A), dedicada a los hombres y mujeres que gustan de desarrollar gran musculatura atlética.

Men & Women Physique (Figura 22 B), enfocada a hombres y mujeres que no gustan de una musculatura tan prominente pero conservando una figura atlética (IFBB, 2016).

Bodyfitness (Figura 22 C), dedicada a las mujeres que no llevan una rutina específica de fitness, enfocada en obtener menos masa muscular pero teniendo una figura atlética, combinando belleza y un atractivo conjunto de curvas, un nivel bajo de grasa corporal y una presentación atractiva (IFBB, 2016).



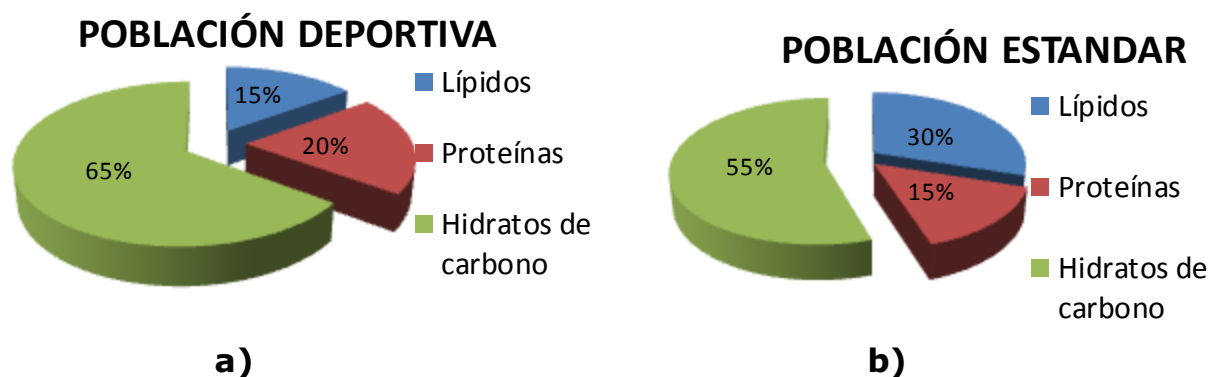
## 7. RECOMENDACIONES Y REGÍMENES NUTRICIONALES EN EL EJERCICIO

En las dos últimas décadas, con los avances que se han realizado en el ámbito de la medicina y nutrición deportiva, se han establecido los principales determinantes del rendimiento deportivo, la manera de optimizar los estímulos y de mejorar la adaptación del organismo para conseguir metas y objetivos cada vez más altos. Uno de estos factores es la nutrición del atleta, la cual debe de ser adecuada a las características del sujeto, a la AF que realiza y a las condiciones ambientales donde las realiza (Benito, 2008; Guillen, 2009).

Una alimentación equilibrada aporta la cantidad adecuada de nutrimentos independientemente de la edad y el nivel de AF (Yesalis, 1999; Barbany,

2012). A pesar de las evidencias científicas que permiten conocer los beneficios de una alimentación adecuada, sigue existiendo un desfase entre los conocimientos en nutrición deportiva, las recomendaciones que los deportistas reciben de personas expertas en el campo de la nutrición o de sus propios entrenadores y las prácticas que en realidad se llevan a cabo (Guillen, 2009).

El balance de energía cero o neutro es el que debe prevalecer en la etapa adulta y en especial para los atletas, para ello se realiza la estimación del GET con base a las ecuaciones establecidas y considerando su nivel de AF en las temporadas de descanso y entrenamiento. En general la distribución energética de los nutrimentos para un atleta (Figura 23a) no difiere en gran medida, con lo establecido por el Instituto Nacional de la Nutrición Salvador Zubirán para los adultos de una población estándar (Figura 23b) (55 a 60% HC, 25 a 30% lípidos y 10 a 15% proteína). No obstante, es necesario considerar cada caso de manera particular para mejorar el rendimiento deportivo y la adaptación del organismo para conseguir las metas y los objetivos deseados (Benito, 2008; Guillen, 2009).



**Figura 23. a)** Distribución energética de los nutrimentos para la población en deportiva; **b)** Distribución energética de los nutrimentos para la población estándar (Benito, 2008).

Para un atleta, una dieta adecuada en primera instancia, brinda la capacidad de realizar esfuerzos físicos de cierta intensidad y duración. También, trata de equilibrar la pérdida energética e hidroelectrolítica durante el ejercicio y por último asegura una rápida y eficiente reposición de los sustratos energéticos perdidos durante el ejercicio, aumentando los procesos anabólicos, permitiendo así una correcta recuperación física (Guillen, 2009).

Al diseñar la dieta, ya sea de individuos sedentarios, físicamente activos o atleta, se debe tomar en cuenta la edad, género, estado nutricional, fisiológico y de salud, necesidades energéticas y nutrimentales, las características genéticas del individuo y ésta debe ser energéticamente equilibrada, variada y suficiente (WHO, 2014).

Los HC, lípidos y proteínas son los nutrimentos encargados de proveer la energía necesaria al organismo para que pueda llevar a cabo todas sus funciones. Existe gran variedad de factores (intensidad y duración de la AF, frecuencia, condición física del individuo, cargas y la composición habitual de la dieta) que determinan la combinación y la proporción en la que estos combustibles deben ser administrados (Peniche, 2011).

## **HIDRATOS DE CARBONO**

Los HC cumplen tres funciones básicas en el metabolismo energético y en el rendimiento físico. La primera es como fuente de energía proveniente de la glucosa sanguínea y del glucógeno hepático y muscular, lo que permite la actividad del músculo de manera más particular durante ejercicios de alta intensidad.

En las personas que realizan ejercicio, una adecuada ingesta de HC (55 a 65% (Renault, 2005; Benito, 2008; Palacios, 2012; Márquez, 2013; McArdle, 2015) y hasta 70% durante ejercicios de alta intensidad

(McArdle, 2015) permite mantener y recargar los depósitos de glucógeno y evita un estado de hipoglucemia durante ejercicios prolongados, ocasionado por una baja en los niveles de glucógeno hepático y glucosa sanguínea; un exceso de HC puede propiciar su conversión a una forma de almacenamiento más eficaz aumentando la cantidad total de grasa corporal.

En segundo lugar, sirven como ahorradores de proteína ya que una ingesta adecuada contribuye a conservar las proteínas de los tejidos evitando que se utilicen para sintetizar glucosa a partir de aminoácidos. Por último como cebador metabólico, ya que los subproductos de la degradación de HC (piruvato) facilitan la utilización de TGC (ácidos grasos) para obtener energía. Además, el SNC necesita casi exclusivamente de HC para su correcto funcionamiento, ya que en condiciones normales, el cerebro obtiene energía únicamente de la glucosa sanguínea y no mantiene reservas de este nutrimento. En caso de una disminución de este nutrimento el cerebro empieza a hacer uso de grandes cantidades de grasa, en forma de cuerpos cetónicos, como fuente primaria de energía, lo que puede ocasionar un estado de cetoacidosis (Palacios, 2012; McArdle, 2015).

Los alimentos ricos en HC son los cereales, féculas, pastas, leguminosas, galletas, pan, tortillas, frutas deshidratadas, frutas y vegetales, aunque estos dos últimos son las fuentes con menor aporte de HC ya que tienen un mayor contenido de agua (McArdle, 2015). Los alimentos para obtener este macronutrimento deben ser distribuidos de la siguiente manera (Tabla 3.):



Índice glucémico	Distribución	Tipo de HC	Ejemplos
<b>Bajo o medio índice glucémico</b>	80 a 90%	Almidones y fibras	Cereales y panes integrales, pastas, tortillas de maíz, frutas, verduras, tubérculos (papa), leguminosas
<b>Alto índice glucémico</b>	10 a 20%	Azúcares simples y refinados	Pan dulce, pan blanco, azúcar de mesa, caramelos, bebidas azucaradas, galletas, pasteles.

**Tabla 3.** Distribución del consumo total de HC de acuerdo a su índice glucémico (Barbany, 2012).

## LÍPIDOS

Los lípidos cumplen cuatro funciones importantes en el cuerpo: a) sirven como reserva de energía, b) brindan protección a órganos vitales y proveen aislamiento térmico, c) son medio de transporte de vitaminas liposolubles (A, D, E y K) y d) son supresores del apetito (McArdle, 2015).

Para lograr una buena salud y óptimo rendimiento durante el ejercicio es recomendable consumir y utilizar lípidos de origen vegetal, sin sobrepasar las recomendaciones establecidas (15 a 25%) (Benito, 2008) para este nutrimento ya que la ingesta total de ácidos grasos, tanto saturados como insaturados, representan un factor de riesgo de presentar afecciones cardíacas, diabetes mellitus tipo II, obesidad y otras enfermedades asociadas (McArdle, 2015).

El total de energía lipídica debe proceder principalmente de grasas monoinsaturadas, como el aceite de oliva, y poliinsaturadas, como ácidos grasos omega 3 (Tabla 4):

<b>Tipo de ácidos grasos</b>	<b>Distribución total</b>	<b>Ejemplos</b>
<b>Aceites monoinsaturados</b>	10 a 12%	Aceite de oliva, colza, nuez, cacahuete, almendra y aguacate
<b>Aceites poliinsaturados (omega 3, DHA y EPA)</b>	10 a 12%	Pescados y sus aceites, aceite de cártamo, girasol, soya y maíz
<b>Grasas saturadas</b>	5 a 7%	Carne de res, cerdo, pollo, yema de huevo, lácteos, aceites de coco y palma, manteca
<b>Ácidos grasos trans</b>	Reducir al máximo	Alimentos fritos, productos de panadería o productos en los que se utilicen aceites vegetales parcialmente hidrogenados.

**Tabla 4.** Distribución del consumo total de lípidos (Barbany, 2012; McArdle, 2015).

Los triglicéridos (TGC) almacenados dentro de la célula muscular contribuyen a la obtención de energía durante la realización de ejercicio, y en mayor proporción durante el ejercicio moderado y de larga duración. La oxidación de lípidos y la energía generada por este proceso es exclusivamente de carácter aeróbico y aumenta conforme van disminuyendo los niveles de glucosa sanguínea y las reservas de HC, por lo que, durante la primera hora de actividad, las grasas proporciona alrededor del 50% de la energía y alrededor de la tercera hora contribuye con hasta un 70% de ésta. Cuando el cuerpo depende del catabolismo de lípidos la intensidad del ejercicio disminuye a un nivel que depende de la capacidad del cuerpo de movilizar y oxidar las grasas (McArdle, 2015).

## **PROTEÍNAS**

La alimentación de los atletas tradicionales siempre ha incluido platos con carne, huevo, pollo y otras fuentes de proteína, bajo la premisa de que éstas ayudan al crecimiento de la masa muscular. Sin embargo consumir una mayor cantidad de proteína no construirá más masa muscular; lo que el entrenamiento con cargas si hará (Benito, 2008).

En el cuerpo no existen reservas de proteínas, todas forman parte, ya sea, de tejidos o sistemas metabólicos, de transporte u hormonales. Intervienen en el aumento del contenido proteínico del músculo esquelético a causa del entrenamiento sistemático con sobrecargas, y participan en la regulación del equilibrio ácido-base de líquidos corporales neutralizando el exceso de metabolitos ácidos formados durante el ejercicio (Benito, 2008; McArdle, 2015).

Las necesidades proteínicas (15 a 20% (Benito, 2008) están relacionadas directamente con el nivel y tipo de ejercicio realizado y se debe asumir que el individuo ingiere la cantidad de energía adecuada para cubrir las necesidades del ejercicio, de lo contrario, aunque se consuma una cantidad elevada de proteína no se podrá mantener el balance de nitrógeno, ya que las proteínas de la dieta se catabolizan para equilibrar el déficit de energía reduciendo la cantidad, especialmente, de proteína muscular (McArdle, 2015). Existe cierta diferencia en las recomendaciones entre deportes de larga duración con respecto a los de fuerza o potencia. Las recomendaciones para atletas que realizan entrenamiento con cargas, son aproximadamente de hasta 2 g/kg de peso/día para hombres y de 1.2 a 1.7 g/kg de peso/día para mujeres y estos deben de ser suficientes para mantener un balance de nitrógeno positivo. Hay investigaciones que sugieren que ingestas superiores a 2 g de proteína/kg de peso

corporal/día, pueden tener un efecto anabolizante en los individuos que practican ejercicio de fuerza muscular (Benito, 2008).

El consumo total de proteína debe ser distribuido como se muestra en la Tabla 5.

Tipo de proteína	Distribución total	Ejemplos
<b>Origen vegetal</b>	50 a 60%	Cereales y leguminosas
<b>Origen animal</b>	40 a 50%	Carnes magras, aves, pescado, huevo, lácteos desnatados, quesos

**Tabla 5.** Distribución de consumo total de proteína diaria (Barbany, 2012).

## **7.1 RECOMENDACIONES Y REGÍMENES ALIMENTARIOS MÁS COMUNES EN EL ENTRENAMIENTO DE LA FUERZA**

La nutrición óptima dentro de los deportes de musculación es uno de los principales pilares para conseguir los objetivos deseados, como el aumento de masa muscular, disminución del tejido graso y mantenimiento tanto del peso como la composición corporal ideal (Benito, 2008).

Existe una creencia general de que los atletas necesitan de regímenes especiales o de necesidades nutricionales diferentes a las personas sedentarias. Esta diferencia radica en que el gasto energético del atleta es mucho más elevado y por lo tanto el efecto termogénico es más potente, por lo que la ingesta de alimentos tenderá a ser mayor. En conclusión, se necesita comer mayor cantidad, pero no diferente (Márquez, 2013).

Se pueden distinguir entre tres tipos de regímenes: de entrenamiento, especiales enfocados en la mejora del rendimiento y de precompetición (Márquez, 2013). Dado que durante las exhibiciones de fisiculturismo no se realiza ningún tipo de AF, ni se pone a prueba la condición y rendimiento físico del competidor, éste no requiere comer ningún tipo de régimen de precompetición, por lo que solo se abordaran los dos primeros tipos.

Las investigaciones realizadas en este campo del ejercicio y el deporte, parecen indicar que los atletas no necesitan nutrimentos adicionales a los que obtienen a través de una dieta equilibrada, es decir, que solo necesitan de mayores cantidades de alimento para hacer frente a su mayor gasto energético. Esta dieta de entrenamiento debe cumplir con las recomendaciones de distribución energética (Figura 23 a) y debe corregir los hábitos nutricionales inadecuados como el elevado consumo de lípidos saturados, de HC simples, proteína y bajo consumo de frutas y verduras (Márquez, 2013).

Durante los entrenamientos con sobrecargas, los dos sistemas energéticos que más se utilizan, son el de ATP-CP o fosfágenos y el sistema anaeróbico. Por esta razón, en este tipo de entrenamiento, los factores limitantes son el agotamiento de la pequeña cantidad de fosfágenos acumulada en el músculo y la producción de ácido láctico, el cual produce fatiga temprana, más no por la reducción drástica de los depósitos de glucógeno muscular. Aunque no hay una dieta especial para restablecer los depósitos de fosfágenos, se consigue una mejora tomando suplementos de creatina. Un régimen especial para reponer los depósitos de glucógeno no evitaría el problema de la fatiga (Benito, 2008; Márquez, 2013).

Existen dos razones principales para realizar una recuperación de los depósitos de glucógeno. La primera, reponer las reservas de glucógeno cuando los entrenamientos son intensos y se repiten día a día, y cuando duran más de dos horas, tiempo en el cual estas reservas se agotan. Por lo que es importante que el siguiente tiempo de comida sea rico en HC y en las dos horas posteriores al entrenamiento, ya que se ha visto que durante este tiempo se produce una mayor velocidad de almacenamiento de glucógeno muscular (Márquez, 2013). La segunda, aumentar la sensación de volumen en la fibra muscular antes de una competencia. Existen dos métodos fundamentales (Benito, 2008):

1. Seis días antes de la competencia, realizar los primeros tres días una ingesta pobre de HC y entrenamiento normal y los siguientes 3 días una dieta rica en HC.
2. Una semana antes de la competencia, reducir la intensidad del entrenamiento y la cantidad de HC hasta 55% hasta tres días antes de la competencia. A partir de aquí, el entrenamiento debe ser ligero y la dieta rica en HC.

También existen ciertas recomendaciones generales y algunos regímenes especiales para conseguir ciertos objetivos particulares. El aumento de peso es uno de ellos y se puede llevar a cabo para lograr dos objetivos totalmente diferentes: a) incremento global de peso hasta conseguir un peso ideal deseado, b) aumento selectivo de peso buscando el aumento exclusivo de masa muscular magra.

Incrementar peso magro significa fomentar un balance energético positivo y que éste sea empleado para la construcción de material estructural a nivel muscular. Para cumplir con este objetivo se recomienda (Benito, 2008):

- Realizar mínimo 5 comidas al día distribuyendo la ingesta energética de la siguiente manera: Desayuno-20%, Almuerzo-10%, Comida-35%, Merienda-10%, Cena-25%. Ninguna de las comidas debe superar el 35% de la ingesta total de energía diaria.
- Debe hacer un desayuno completo, es decir, que incluya una ración de fruta, cereales integrales, lácteos y una ración de proteína.
- Para que la ganancia sea de tejido magro, no se deben abusar de alimentos fritos, azúcares simples o productos de panadería.
- Se recomienda utilizar multivitamínicos como protección ante el estrés generado por el entrenamiento.
- Realizar un buen entrenamiento, combinado con periodos de descanso adecuados.

Un ejemplo de dieta para una persona que pretende conseguir un aumento de masa magra se presenta en la Tabla 6 y 7.

La pérdida de masa grasa es otro de los objetivos particulares que en cierto punto del entrenamiento se persiguen para conseguir una buena definición muscular. Para esto, existen algunas recomendaciones generales que ayudan a los atletas a llegar a su objetivo.

<b>Desayuno 25%</b>	2 panes tostados integrales con 1 rebanada de jamón york, queso fresco, jamón serrano o pechuga de pavo 1 vaso de jugo de naranja o 1 fruta 1 taza de café con leche descremada 1 vaso de agua
<b>Almuerzo 7%</b>	1 fruta
<b>Comida 35%</b>	Ensalada 1 porción de cualquier pieza de pollo 1 papa al horno o espagueti sin queso o arroz 1 vaso de vino o cerveza 1 vaso de agua 1 fruta

<b>Merienda 8%</b>	Frutos secos o cereales acompañados de: 1 yogurt o ½ vaso de leche descremada
<b>Cena 25%</b>	1 porción de pescado cocinado de cualquier manera menos frito 1 vaso de vino o cerveza 1 vaso de agua

**Tabla 6.** Ejemplo de dieta saludable para fisicoculturistas o sujetos que buscan hipertrofia muscular (Benito, 2008) Los porcentajes representan lo que se pretende consumir por comida de acuerdo al consumo energético total diario dependiendo la carga energética que necesite el individuo.

<b>Desayuno 30%</b>	<b>Bebida:</b> 400 mL leche semi-descremada <b>Comida:</b> 100 g de cereales ricos en fibra 4 tostadas con 80g de mermelada s/azúcar
<b>Almuerzo 12%</b>	2 rebanadas de pan de caja integral 50 g de pan integral 3 rebanadas de tostadas integrales con 80g de pavo sin grasa 70 g de jamón serrano o York sin grasa 150 g de queso de burgos 0% grasa 4 porciones de queso ligero (quesos frescos, cottage, requesón)
<b>Comida 35%</b>	<b>Entrada:</b> 150 g de pasta, lentejas, garbanzo o arroz 600 g de papa cocida <b>Plato principal:</b> 150 g de filete de ternera o pechuga de pavo 120 g de atún en agua 150 g de gambas, rodaballo o bacalao fresco <b>Guarnición:</b> 300 g de ensalada mixta 250 g de setas o berenjena 200 g de espárragos de lata o col de Bruselas <b>Aderezo:</b> Un par de cucharadas soperas de aceite de oliva <b>Pan:</b> 6 tostadas integrales 100 g de pan integral, de avena o trigo



	<b>Postre:</b> 150 g de plátano 200 g de manzana, pera, kiwi, melocotón
<b>Merienda</b> <b>8%</b>	2 piezas de fruta 300 mL de zumo 200 mL de yogur líquido
<b>Cena</b> <b>20%</b>	<b>Entrada:</b> 300 g de patata cocida / 80g de pasta o arroz blanco <b>Plato principal:</b> 150 g filete de caballo o pechuga de pollo 120 g de filete de ternera, conejo o buey 150 g de langostinos o lenguado <b>Guarnición:</b> 300 g de ensalada mixta 250 g de calabacín, verduras variadas, pimiento o champiñones 100 g de guisantes frescos <b>Aderezo:</b> Un par de cucharadas soperas de aceite de oliva. <b>Pan:</b> 80 g de pan de centeno o pan integral 5 tostadas integrales <b>Postre:</b> 1 yogur desnatado con fruta

**Tabla 7.** Ejemplo de dieta para fisicoculturistas o sujetos que pretenden un aumento de masa muscular magra. De cada toma se debe elegir una de las opciones diferentes. Distribución nutrimental: HC: 60%, Proteína: 22%, Lípidos: 18% (**Men'sHealth, 2016**). Los porcentajes representan lo que se pretende consumir por comida de acuerdo al consumo energético total diario dependiendo la carga energética que necesite el individuo.

Es importante entender que, según varios estudios realizados, se obtiene una mayor pérdida de grasa cuando se combina una rutina de ejercicios de baja a moderada intensidad más ciertas restricciones alimenticias. También estos estudios ponen de manifiesto, que las pérdidas por arriba de 500 g semanales no son posibles, lo que supone, que una pérdida de

más de 2 kg al mes podría afectar de manera considerable el organismo o presentar un efecto de rebote, recuperando el peso perdido rápidamente, una vez que se vuelvan a normalizar los hábitos alimentarios previos (Benito, 2008).

La pérdida de peso gradual se lleva a cabo mediante dietas equilibradas eliminando los hábitos dietéticos inadecuados y no mediante dietas disociadas o hiperproteicas. Es aconsejable seguir una serie pautas y recomendaciones generales, que se presentan a continuación, para lograr este objetivo (Benito, 2008):

- Consumir productos naturales y frescos en la medida de lo posible, en lugar de alimentos procesados.
- Aumentar la ingesta de frutas y verduras, disminuyendo los productos de origen animal, lo que supone disminuir calorías y aumentar el aporte de fibra.
- Disminuir al máximo y de forma gradual los alimentos fritos o con exceso de grasa, azúcares simples, productos de panadería o productos con alto contenido calórico.
- Elegir productos lácteos semidescremados o descremados.
- Aumentar el consumo de pescado por su alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados.
- El aporte de carnes rojas debería limitarse a tres o cuatro veces mensuales.

Cabe aclarar que estas son algunas recomendaciones generales y en caso de requerir un plan de alimentación específico o tener cualquier duda acerca de que se puede o no consumir, es recomendable acudir con un experto en el área de nutrición deportiva.

## **7.2 HIDRATACIÓN Y REHIDRATACIÓN**

El agua es un líquido imprescindible para la vida dada la importancia y variedad de sus funciones. Este líquido participa tanto en reacciones químicas y celulares como medio de reacción o subproducto de dichas reacciones. También es un excelente medio de transporte y posee propiedades termorreguladoras, gracias a las cuales, durante el ejercicio físico, el calor generado por la contracción muscular se disipa de manera eficiente evitando un aumento brusco de la temperatura corporal (Barbany, 2012).

Los tejidos hepático, nervioso y muscular son los que tienen la mayor actividad biológica en el organismo, así como un mayor porcentaje de agua (~70%). El contenido de este líquido vital en el cuerpo, en general, depende de la edad, del género y de la composición corporal del individuo. Se estima que el agua constituye el 72% del peso corporal y cerca del 50% del peso del tejido adiposo (Barbany, 2012; McArdle, 2015).

El contenido de agua en el cuerpo se mantiene estable a través del tiempo y cualquier desequilibrio se puede compensar de manera fácil y rápida con la ingesta adecuada de líquidos. La ingesta de agua puede provenir de tres fuentes principalmente (McArdle, 2015):

- Líquidos: agua, jugos de fruta, leche, refrescos, bebidas rehidratantes, entre otros.
- Alimentos: verduras, frutas.
- Procesos metabólicos: agua liberada en la movilización y oxidación de nutrimentos.

Las pérdidas de agua se pueden presentar por varios mecanismos (McArdle, 2015):

- a través de la orina y heces
- durante la transpiración y sudoración a través de la piel
- como vapor de agua en el aire espirado.

Este equilibrio puede cambiar de forma notable durante la realización de ejercicio o AF en especial en climas calurosos y húmedos (Barbany, 2012; McArdle, 2015).

En un ambiente bajo condiciones normales de temperatura, presión y HR% un adulto sedentario requiere cerca de 2.5 L de agua por día. Una persona activa en un ambiente caluroso requiere de entre 5 a 10 L de agua al día.

Para que el equilibrio hídrico se mantenga, el organismo hace uso de diferentes mecanismos para compensar las pérdidas (Barbany, 2012):

- Aumenta la sensación de sed, para aumentar la ingesta de agua líquida.
- Puede aumentar la sensación de hambre lo que favorece una mayor ingesta energética y consecuentemente el aporte hídrico mediante el agua de los alimentos.
- Aumenta la producción de agua metabólica.
- Disminuye la producción de orina y la transpiración y sudoración relativamente.

En ocasiones, el desequilibrio hídrico no es compensado de manera adecuada, lo que favorece el riesgo de sufrir deshidratación durante el ejercicio, lo cual incrementa al aumentar la intensidad y la duración de éste y si las condiciones climáticas son desfavorables (Barbany, 2012).

### **REQUERIMIENTOS DE AGUA DURANTE EL EJERCICIO**

Durante el ejercicio, la sudoración profusa puede ocasionar una grave pérdida de agua corporal lo que puede llevar al organismo a deshidratarse.

Existen tres factores que determinan esta pérdida: la intensidad y duración de la AF, temperatura ambiental y humedad (McArdle, 2015).

La deshidratación durante la realización de ejercicio o AF puede disminuir el rendimiento del organismo y aumentar el riesgo de sufrir lesiones, las cuales pueden ser: (Barbany, 2012):

- Afectación cardiovascular, ya que la disminución del volumen sanguíneo reduce el retorno venoso al corazón y el volumen sistólico, lo que aumenta la frecuencia cardíaca. Además, aumenta la viscosidad de la sangre y las resistencias vasculares por lo que se precisa una mayor tensión arterial para conseguir el mismo flujo sanguíneo.
- Reducción importante del trabajo aeróbico a partir de una pérdida de agua del 2% del peso corporal, además de presentar ciertas dificultades de coordinación y confusión mental.
- Alteraciones musculares y tendinosas cuando la pérdida de agua es de 3% del peso corporal, lo que incrementa la temperatura muscular disminuyendo bastante la capacidad contráctil del músculo, presentando así contracturas, calambres y riesgo de sufrir desmayo si la temperatura corporal llega a 38 °C.
- Alteraciones de la estructura normal de las proteínas contráctiles y del colágeno al presentar pérdidas del 5% del peso corporal se, lo que disminuye de manera importante la capacidad física y aumenta el riesgo de sufrir lesiones tendinosas y musculares.
- La realización de ejercicio es imposible cuando la pérdida de agua llega al 8% del peso corporal, ya que el músculo se encuentra en contracción sostenida sin posibilidad de relajación. Además, a este nivel de deshidratación, la temperatura corporal puede alcanzar valores superiores a 39.5°C donde el centro termorregulador hipotalámico puede sufrir graves perturbaciones, lo que aumenta el

riesgo de sufrir un golpe de calor con colapso del sistema cardiorrespiratorio.

- Imposible realizar el movimiento de beber cuando la pérdida es mayor a 12% y a partir del 15% de pérdida de agua corporal, la muerte es inevitable.

Los síntomas de la deshidratación pueden incluir el incremento de la temperatura corporal con sensación de calor, alteraciones de la visión, debilidad muscular cansancio y fatiga, náuseas y vómito, calambres, cefalea, confusión, excitación, irritabilidad, pérdida de la coordinación y en casos graves, convulsiones y estado comatoso (Barbany, 2012).

La sensación de sed comienza cuando el organismo ha perdido el 1% de agua corporal e incluso con una pérdida mayor durante el ejercicio físico y en condiciones de pre-fatiga, por lo que es importante iniciar la rehidratación antes de que aparezca la sensación de sed (Barbany, 2012).

Para un atleta que realiza de forma continua ejercicio físico intenso, sobre todo en condiciones de calor, pueden incrementar las necesidades diarias de agua y es más difícil restablecer su balance de líquidos, por lo que se recomienda seguir un esquema de hidratación adecuado (antes, durante y después), lo que en ocasiones es complicado ya que algunos deportistas tienen la creencia de que la ingestión de agua afecta su rendimiento durante el ejercicio (Peniche, 2011; McArdle, 2015).

La ingestión de agua adicional antes del ejercicio y más en ambientes calurosos, brinda protección frente al estrés térmico, demorando la deshidratación, aumentando la sudoración durante la realización de éste evitando el aumento de la temperatura corporal en comparación con la realización de ejercicio sin previa hidratación (McArdle, 2015).

Por lo regular se ha establecido la recomendación de que las personas sedentarias deben consumir alrededor de 2 L de líquido al día, lo cual se basa en algunos estudios de balance de líquido corporal que establecen el consumo mínimo diario de líquido. No obstante, los requerimientos de agua no **deben basarse en un consumo "mínimo", ya que esto puede** llevar a deficiencias y quizá a consecuencias adversas sobre el rendimiento y la salud (Peniche, 2011).

El Consejo de Alimentos y Nutrición del Instituto de Medicina de Estados Unidos (IOM) estableció un IDR para la ingestión de agua de 3.7 L para hombres adultos y 2.7 L para mujeres adultas, que cubren las necesidades de la mayor parte de la población. Esta recomendación no debe considerarse como un consumo mínimo para reponer pérdidas obligatorias de líquido y tampoco está dirigida a deportistas que compiten o trabajadores industriales que realizan actividad física agotadora durante tiempo prolongado en ambientes calientes. Para las personas físicamente activas, las necesidades diarias de líquido frecuentemente exceden los 3 a 4 L por día y algunas veces pueden exceder los 10 L por día (Peniche, 2011).

El aporte hídrico para deportistas, en general, es fácil de establecer y corresponde con la ingesta energética que tenga el individuo, es decir, por cada kcal ingerida se debe consumir 1 mL de agua, la cual debe ser repartida en partes iguales entre agua presente en los alimentos y agua líquida. Por lo que si un deportista ingiere un total de 5000 kcal por día necesita 5 L de agua; 2.5 L de agua líquida y 2.5 L presentes en los alimentos. Fuera del periodo de ejercicio es preferible atender la demanda de líquidos a partir de la comida aumentando la ingesta de frutas, verduras o ensaladas. Durante la hidratación previa, durante y después del ejercicio, están indicadas la bebidas deportivas, agua simple, jugos diluidos o caldos (Barbany, 2012).

## **HIDRATACIÓN ANTES DEL EJERCICIO**

El ACSM (*American College of Sports Medicine*) establece que el objetivo de la hidratación antes del ejercicio es iniciar la actividad física hidratado (con el contenido normal de agua corporal) y con niveles normales de electrolitos en plasma. En diversos estudios se ha demostrado que gran parte de los atletas o personas activas llegan deshidratadas a sus sesiones de ejercicio, lo cual se observó de igual manera en entrenadores e instructores de gimnasios y aun en atletas profesionales (Peniche, 2011).

Por lo tanto, es importante hacer énfasis a atletas o personas que inicien su sesión de ejercicios, hidratados el ejercicio hidratado (Barbany, 2012).

Sin embargo, también es importante evitar un desequilibrio en los niveles de electrolitos en plasma, en especial de  $\text{Na}^+$ , antes del ejercicio (hiponatremia) como consecuencia de beber una gran cantidad de líquidos el día o las horas anteriores a la realización del ejercicio. Un estado de hiponatremia durante un largo periodo produce un desequilibrio osmótico a través de la barrera hematoencefálica que fuerza la entrada de agua al cerebro, lo cual puede provocar desde síntomas leves como cefalea, confusión, náuseas y calambres; hasta graves como convulsiones, como, edema pulmonar, paro cardiaco y muerte (McArdle, 2015).

Si se consumen suficientes bebidas en las comidas y pasa un tiempo prolongado (8 a 12 h) desde la última sesión de ejercicio, es muy probable que la persona esté hidratada. De no ser así, entonces se necesita un programa de hidratación anterior al ejercicio para cubrir cualquier deficiencia de líquidos o electrolitos. El ACSM recomienda iniciar la hidratación al menos 4 h antes del ejercicio y consumir lentamente de 5 a 7 mL de agua/kg de peso corporal. Si el atleta no orina o la orina es oscura y muy concentrada, debe tomar de 3 a 5 mL/kg cerca de 2 h antes de la competencia (Barbany, 2012; Peniche, 2011).



## **HIDRATACIÓN DURANTE EL EJERCICIO**

El rendimiento físico de los individuos decrece con un nivel de deshidratación moderado, por lo que los atletas deben tratar de minimizar este estado e ingerir líquidos durante el ejercicio. El consumo regular de líquidos, sobre todo durante periodos prolongados de ejercicio, es efectivo para mejorar la capacidad y el rendimiento del atleta, además de ser un vehículo para aportar energía al organismo (Peniche, 2011).

Debido a la gran variabilidad en la pérdida de agua a través de la sudoración, se recomienda que cada individuo vigile sus pérdidas durante el entrenamiento y considere tanto la duración de su entrenamiento como las oportunidades para beber (frecuencia) y el volumen a ingerir durante éste. También se deben de considerar ciertos factores que influyen en la rehidratación, como la temperatura de la bebida, ya que una bebida muy fría, en determinadas condiciones puede provocar un pequeño choque térmico ocasionando ligeros desvanecimientos, aumentar el riesgo de laringitis y la posibilidad de aparición de diarrea; el sabor, la composición y concentración adecuada tanto de electrolitos (especialmente  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^+$ ,  $\text{K}^+$ ), que estimulan la sensación de sed y permiten el reemplazo de los iones perdidos durante la sudoración y el contenido de HC (glucosa, fructosa o sacarosa), ya que, durante los ejercicios intensos o de larga duración mantienen los niveles de glucosa en sangre, evitando un estado hipoglucémico, retardan la fatiga y aceleran la recuperación del glucógeno perdido. Las bebidas utilizadas para este fin también pueden incluir otras sustancias como vitaminas hidrosolubles y en el caso de bebidas energéticas, sustancias como L-carnitina, taurina, cafeína, glucoronolactona y otras sustancias que pueden aumentar el rendimiento físico (Peniche, 2011; Barbany, 2012).

El consumo de HC puede ser beneficioso para sostener la intensidad del ejercicio durante las prácticas de aproximadamente una hora o más, o

bien, jornadas de ejercicio menos intensas pero de larga duración. Se ha demostrado que el consumo de 30 a 60 g de HC por hora mantiene los niveles de glucosa en sangre y sostiene el rendimiento durante el ejercicio. También es importante la reposición de electrolitos, particularmente del sodio, cuando se pierden grandes cantidades por sudoración. Se recomienda incluir sodio durante la rehidratación en cantidades de 0.5 a 0.7 g/L durante el ejercicio que dure más de una hora (Peniche, 2011).

Hasta el momento, no se cuenta con evidencias concretas de que haya algún beneficio al consumir proteína durante la realización de ejercicios de resistencia, sobre todo cuando se consumen los niveles de HC recomendados. De hecho, el consumo de este macronutriente durante el ejercicio, puede afectar la rehidratación, disminuir el vaciamiento gástrico y la absorción de HC. Por el contrario, se ha demostrado que el consumo de proteínas junto con HC después de hacer ejercicio intenso, promueve la reparación muscular debido a un efecto directo de los aminoácidos en la activación de enzimas clave que controlan la síntesis de proteína muscular (Peniche, 2011).

Se ha observado que la rehidratación de los atletas es de gran importancia, pero hoy en día, científicos se han cuestionado qué tan necesaria es la reposición de líquidos durante ejercicios de corta duración, ya que se ha observado que los beneficios de rehidratarse durante sesiones en clima caluroso con presencia de sudoración profusa, se presentan de 40 a 60 min después de la ingesta de líquidos. No obstante, las recomendaciones no deben basarse en la duración de las sesiones, si no tomar en cuenta las pérdidas por sudoración y la intensidad del ejercicio y aunque no exista una necesidad fisiológica para que la gente que realiza ejercicio de baja o moderada intensidad, durante una hora o menos, consuma líquidos o HC (energía) cuando inicia su sesiones correctamente hidratado sin presentar una deshidratación significativa,

tampoco existen motivos para que se evite el consumo de líquidos o HC durante la realización de ejercicio (Peniche, 2011).

## **REHIDRATACIÓN DESPUÉS DEL EJERCICIO**

La rehidratación es una parte importante en el proceso de recuperación después del ejercicio y depende del volumen necesario para cubrir las pérdidas hídricas y de la composición de las bebidas que se ingieren. Lo anterior cobra importancia si el individuo realizará otras sesiones en un lapso corto (Barbany, 2012; Peniche, 2011).

La rehidratación sólo se puede lograr si los líquidos contienen electrolitos, especialmente  $\text{Na}^+$ , que se pierde en mayor cantidad durante la sudoración. La reposición de este electrolito es indispensable ya que permite expandir el espacio extracelular, mantener la osmolalidad en plasma y la concentración de  $\text{Na}^+$ . Su consumo debe ser lo suficientemente elevado para retener los líquidos durante más tiempo, siendo mayor a 50 mmol/L, además, el  $\text{Na}^+$  puede no solo provenir de bebidas rehidratantes, sino también de los alimentos (Peniche, 2011).

Las pérdidas de líquido a través de la orina persisten dada la necesidad de eliminar productos metabólicos de desecho. Por lo tanto, se recomienda que el consumo de líquidos sea alrededor de 150 a 200% del déficit, para compensar las pérdidas por la orina y el sudor, que no se pudieron reponer durante el ejercicio (Peniche, 2011).

El consumo de bebidas de cola, té helado o cualquiera que pudiera contener cafeína; o bebidas naturales como el agua de coco o de jamaica, no suelen ser la mejor opción para una adecuada rehidratación dado el efecto diurético que pueden ejercer. Por el contrario, las bebidas deportivas constituyen la mejor opción para la rehidratación post-ejercicio, dado su contenido de HC y electrolitos, especialmente  $\text{Na}^+$ . Sin embargo,

estas bebidas no aportan más de 20 mmol/L de éste electrolito, siendo insuficiente para conseguir una correcta rehidratación. También se recomienda que el volumen de líquido necesario se consuma en las siguientes tres horas después del ejercicio para lograr un alto consumo evitando malestares, náuseas, sensación de pesadez e incluso vómito, así como alternar la ingesta de líquidos con el consumo de alimentos para el aporte necesario de electrolitos (Peniche, 2011).

## **8. USO DE SUPLEMENTOS ERGOGÉNICOS, ALIMENTICIOS Y ESTEROIDES ANABOLIZANTES**

El desempeño físico en los atletas depende de cuatro factores principalmente: las características genéticas, entrenamiento físico, uso de auxiliares ergogénicos y una alimentación correcta, considerada la más importante y generalmente, con menor aplicación. Una adecuada elección de los alimentos, una hidratación adecuada y periodos convenientes de descanso, contribuyen a que quien realiza el ejercicio pueda explotar todo su potencial y llegar al éxito esperado. Aunque en ocasiones las recomendaciones anteriores no son suficientes para alcanzar los objetivos deseados y consecuentemente los atletas y practicantes ocasionales de ejercicio físico utilizan diferentes sustancias o suplementos ergogénicos con el fin de mejorar su rendimiento, reducir la masa grasa o aumentar la masa muscular; algunas están destinadas a perfeccionar las condiciones de entrenamiento, otras enfocadas hacia aspectos dietéticos y nutrimentales y otros con el objetivo de disminuir la incidencia de la fatiga, facilitar la recuperación o actuar positivamente sobre el rendimiento físico y deportivo (Peniche, 2011; Barbany, 2012; Palacios, 2012).

Los suplementos alimenticios, de acuerdo a COFEPRIS, *son productos a base de hierbas, extractos vegetales, alimentos tradicionales, deshidratados o concentrados de frutas, adicionados o no de vitaminas o*

*minerales que se pueden presentar en forma farmacéutica y cuya finalidad de uso es incrementar la ingesta dietética total, complementarla o suplir algún componente.* No pueden estar compuestos únicamente de vitaminas y nutrimentos inorgánicos, de lo contrario serán denominados medicamentos vitamínicos y tampoco contener ningún tipo de sustancia farmacológica, natural o sintética. Los suplementos alimenticios pueden contener HC, proteína, aminoácidos, ácidos grasos, metabolitos, plantas, algas (COFEPRIS, 2011).

La Unión Europea, a través de la Directiva 2002/46/CE, los define **como productos que se consumen de forma oral y dosificada con la intención de complementar la dieta normal para satisfacer las necesidades energéticas y nutrimentales mediante el aumento de la ingesta total de macro y micronutrimentos**, por ejemplo, los deportistas de elite, cuando no les es posible alcanzar el nivel de nutrimentos recomendados a partir de su dieta (Benito, 2008; Palacios, 2012). Estos productos pueden contener nutrimentos inorgánicos, vitaminas, aminoácidos, hierbas, extractos, concentrados de diversos tipos, o combinaciones de éstos.

Por el contrario, los suplementos ergogénicos son sustancias de carácter, nutrimental, natural o farmacológico que aumentan las capacidades del individuo y promueven una mejora importante en la realización de ejercicio y en el rendimiento físico. Si un suplemento alimenticio se usa de forma específica para personas con un intenso desgaste muscular con la finalidad de mejorar su rendimiento físico, entonces puede ser considerado como un suplemento ergogénico (Peniche, 2011; Barbany, 2012; Palacios, 2012; McArdle, 2015). Algunos de los más utilizados se encuentran expuestos en la Tabla 8 (Barbany 2012).

Algunos de estos productos cuentan con evidencia científica de su eficacia y seguridad, sin embargo en otros casos, la evidencia existente no es

concluyente, o son perjudiciales para la salud. La eficacia de éstos está apoyada por el testimonio de profesionales, organizaciones del deporte, anuncios en medios de comunicación y sitios web (Palacios, 2012; McArdle, 2015).

HIDRATOS DE CARBONO	PROTEÍNAS, AMINOACIDOS Y OTRAS SUSTANCIAS NITROGENADAS	SUSTANCIAS LIPÍDICAS	SUSTANCIAS DE ORIGEN VEGETAL	OTRAS SUSTANCIAS
<b>Alimentos y bebidas especiales con alto contenido de HC</b>	Suplementos de proteínas completas	Ácidos grasos omega 3	Cafeína Bioflavonoides Bromelina	Óxido nítrico
<b>Geles energéticos</b>	Aminoácidos ramificados	Ácido Linoleico	Valeriana ( <i>Valeriana officinalis</i> )	Bicarbonato/ citrato de sodio
<b>Barras energéticas</b>	Arginina Ácido aspártico	Lecitina de soya	Germen de trigo/ Octaonazol	Piruvato
<b>Glucosa</b>	Glutamina Triptófano	Ubiquinona Coenzima Q	Equinacea Ginseng	Sulfato de condroitina
<b>Mezclas de glucosa/ fructosa</b>	$\beta$ -hidroxi- $\beta$ -metilbutirato		Abrojo ( <i>Tribulus terrestris</i> )	Extractos glandulares
<b>Otros azúcares simples</b>	Creatina Taurina L-carnitina		Crisina ( <i>Passiflora caerulea</i> )	Esteroides anabolizantes Hormonas
<b>Maltodextrinas</b>	N-acetil-L-cisteína Colina		Espirulina Árnica	Jalea Real Polen

**Tabla 8.** Productos y sustancias ergogénicas más utilizados por los deportistas (Palacios, 2012).

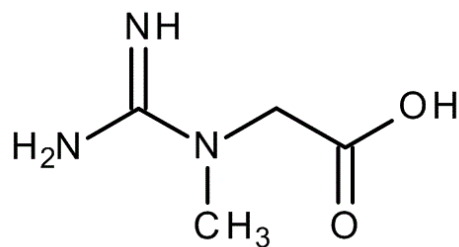
Algunos de ellos se presentan como alimentos sólidos, como bebidas y algunos en forma concentrada y dosificada. El momento y la finalidad de su uso pueden variar según las características de cada deporte y entrenamiento y la situación del individuo (Palacios, 2012).

Los productos ergogénicos que no son analizados y evaluados por las agencias u organismos administrativos, generalmente no contienen la información completa de los ingredientes, las dosis adecuadas para su consumo e incluso pueden estar contaminados. Por lo cual es necesaria la existencia de reglamentos y regulaciones que armonicen y estandaricen los perfiles nutrimentales y el etiquetado de estos productos a nivel internacional (Palacios, 2012).

## 8.1 SUPLEMENTOS ERGOGÉNICOS

### 8.1.1 CREATINA

La creatina o ácido  $\alpha$ -metilguanidino acético (Figura 24) es un componente inorgánico natural obtenido fundamentalmente a partir de alimentos de origen animal, especialmente del pescado. Es sintetizada en el páncreas, hígado y riñón utilizando los aminoácidos arginina, glicina y metionina (Benito, 2008, Barbany 2012).



**Figura 24.** Estructura química de la creatina

Este suplemento es de los más utilizados, sobre todo en los deportes de fuerza y potencia, normalmente como monohidrato de creatina. El uso de creatina se basa en la conversión a fosfágenos, lo que incrementaría las posibilidades de resíntesis de ATP (Benito, 2008).

La creatina atraviesa el tracto digestivo sin modificaciones y se absorbe en el torrente sanguíneo a través de la mucosa intestinal. Se considera que la

creatina ingerida se incorpora a músculo esquelético y alrededor del 40% de la ingesta total se encuentra de forma libre, mientras el resto se combina con fosfato para formar CP (McArdle, 2015).

Un adecuado nivel de creatina libre en la masa muscular facilita la reposición y conservación de CP, la cual constituye la fuente primaria e inmediata para la regeneración de ATP. Cuando éste es hidrolizado para obtener energía, inmediatamente la CP ofrece la energía necesaria para restaurar el ATP. La CP degradada, no se utiliza, por lo que es metabolizada a creatinina y es eliminada vía renal. Durante los esfuerzos de baja intensidad o los descansos, la CP degradada se repone dentro de la célula muscular, utilizando los fosfatos derivados del ATP para formar nuevamente CP, iniciándose el ciclo de transporte de fosfatos intracelulares, cuya velocidad y eficiencia depende de la concentración de creatina intracelular (Benito, 2008).

Debido a la escasa disponibilidad intramuscular de este compuesto, un aumento en la disponibilidad de CP logra a) mejorar el rendimiento en la fuerza muscular en esfuerzos repetidos y de corta duración, b) aumentar la resistencia muscular y c) permitir una mayor sobrecarga muscular, lo que aumenta la eficiencia del entrenamiento de fuerza (McArdle, 2015).

Al considerar las concentraciones normales de creatina muscular (120 y 130 mmol/kg de músculo seco) y la máxima capacidad que tiene la fibra muscular para almacenar creatina (150 y 180 mmol/kg de músculo seco), uno de los objetivos principales de la suplementación con monohidrato de creatina es aumentar las reservas musculares hasta lograr el nivel más alto de saturación, ya que ésta es la única forma práctica de conseguir una concentración de creatina lo suficientemente alta para causar una marcada elevación de los niveles plasmáticos, permitiendo que permanezcan así el



tiempo suficiente para inducir su captación por la células musculares (Benito, 2008).

Se han evidenciado resultados favorables especialmente efectuando una **"carga de creatina" con dosis de 20 g/día** divididas en dos tomas durante 5 a 6 días, y posteriormente, dosis menores de 2 a 5 g/día como mantenimiento de 30 a 90 días, permitiendo que los niveles de creatina permanezcan elevados hasta por 30 días. Es necesario que durante el periodo de suplementación se mantenga una ingesta relativamente elevada (250 mL de agua extra/2.5 g de creatina), ya que podría ser limitante en la absorción de creatina a nivel celular (Barbany, 2012; Benito, 2008; McArdle, 2015).

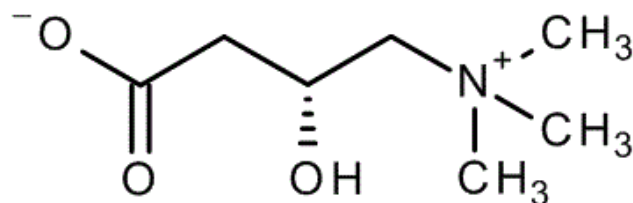
Entre los factores que facilitan la captación y retención de creatina en la célula muscular se encuentran: edad del individuo, tipo de fibras musculares, masa muscular, hábitos alimenticios y grado de irrigación sanguínea (Benito, 2008).

Con estas dosis de creatina combinada con el entrenamiento de fuerza, aumenta el contenido de creatina en la fibra muscular hasta un 20%, y se ha demostrado incrementos a nivel de fuerza máxima y resistencia asociada a la mayor cantidad de repeticiones efectuadas durante los entrenamientos, alcanzando una mejora de hasta 14%. También ha demostrado ser eficaz para inducir mejora en el rendimiento de esfuerzos cortos y repetidos de hasta 30 s, ejecutados de forma intermitente con pausas de recuperación relativamente cortas (<30 s y >3 minutos), mejora los procesos y la velocidad de recuperación, mejora la estabilidad membranal atenuando el daño celular causado durante el ejercicio, agiliza los procesos de relajación-contracción facilitando la liberación de  $Ca^{2+}$  del RS. (Benito, 2008).

Se ha considerado que la creatina es una sustancia relativamente inocua, aunque se han reportado algunos efectos adversos como: casos de diarrea, mayor incidencia de contracturas, calambres y algunas referencias hacen alusión a una posible toxicidad hepática y renal, aunque hasta el momento sólo constituyen especulaciones no comprobadas científicamente (Benito, 2008, Barbany, 2012).

### 8.1.2 L-Carnitina

La L-carnitina es un aminoácido (Figura 25) que se encarga de transportar ácidos grasos al interior de la mitocondria para su oxidación. Éste se encuentra en una gran variedad de alimentos, especialmente en alimentos cárnicos y también es sintetizada por la fibra muscular, hígado y riñones a partir de los aminoácidos metionina y lisina. (Benito, 2008; Barbany, 2012; Palacios, 2012).



**Figura 25.** Estructura química de la L-carnitina (L-3 hidroximetilaminobutirato)

La L-carnitina tiene algunas aplicaciones clínicas como su uso para la recuperación del miocardio después de un infarto y como tratamiento de algunas distrofias musculares. En el ámbito deportivo se emplea con el fin de potenciar el metabolismo oxidativo aeróbico de ácidos grasos en la fibra muscular, aumentar la conversión de piruvato en Acetil-CoA reduciendo la formación de lactato, lo cual reduce el índice de fatiga. No obstante, no se tienen las evidencias suficientes sobre estos efectos ya que los niveles plasmáticos de L-carnitina elevados no suponen necesariamente un mayor

consumo de ácidos grasos por parte de la mitocondria, además de no ser el único factor que influye en la movilización de ácidos grasos (Benito, 2008; Barbany, 2012).

El uso de esta sustancia ergogénica se encuentra muy extendido sobre todo en deportes de larga duración, consumiendo dosis desde 500 mg hasta 3 g/día en periodos de dos semanas. La suplementación excesiva con dosis aún más elevadas está relacionada con episodios de diarrea y la consiguiente deshidratación (Barbany, 2012).

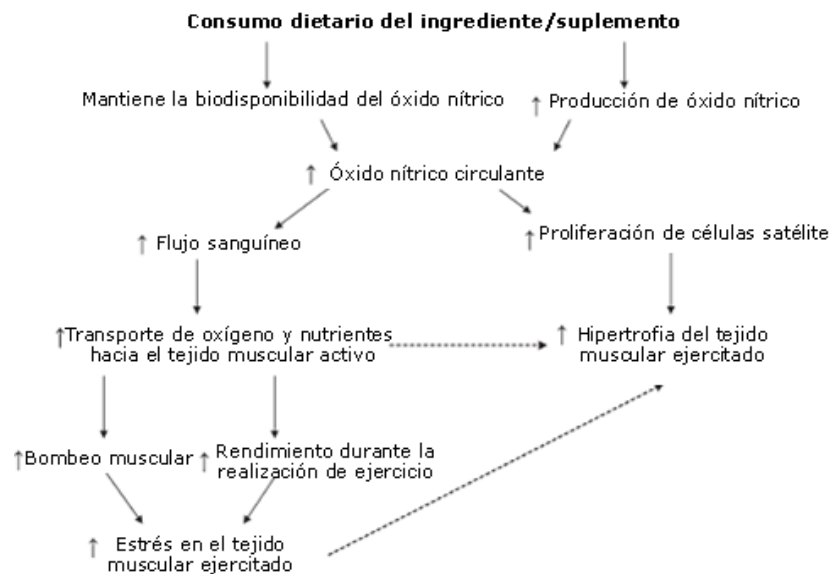
### **8.1.3 Óxido nítrico**

El óxido de nitrógeno o monóxido de nitrógeno (NO) es un metabolito sintetizado en el cuerpo a partir de L-citrulina, L-arginina, oxígeno y una variedad de otros cofactores mediante una familia de enzimas conocidas como óxido nítrico sintasas. Este compuesto es un factor de acción relajante muscular, broncodilatador, vasodilatador, activador de la respuesta inmune y antiinflamatoria y favorece la estimulación de células satélite (Bloomer, 2010; Barbany, 2012).

Con base en las propiedades anteriores, se ha propuesto como sustancia ergogénica para mejorar el rendimiento físico y la recuperación, además de facilitar el ingreso de glucosa a la célula muscular, la potenciación de la contracción muscular y el incremento del flujo sanguíneo, el cual podría estar mediado por la acción sobre las células del músculo liso vascular promoviendo la vasodilatación (Figura 26) (Blommer, 2010; Barbany, 2012).

En la mayoría de los anuncios publicitarios se hace alusión a que el aumento en flujo sanguíneo por el efecto vasodilatador, da como resultado un incremento en el transporte de oxígeno y nutrimentos hacia el músculo esquelético durante el ejercicio. Aunque se debe considerar que el NO se incrementa de forma natural en respuesta a las sesiones agudas de

ejercicio y puede incrementarse como una adaptación del organismo a un entrenamiento regular.



**Figura 26.** Base teórica de los beneficios de la suplementación con óxido nítrico (Bloomer, 2010).

En diversos estudios se ha analizado que las concentraciones elevadas de NO favorecen la detención del ciclo celular y la muerte celular programada, lo cual podría estar relacionado con la producción de especies reactivas como el radical superóxido y el peroxinitrito (Bloomer, 2010).

Las formas de suplementación con precursores de NO son a partir de L-arginina, L-citrulina, sales nítricas, glicinpropionil-L-carnitina, L-arginina-cetoglutarato (Barbany, 2012).

## **8.2 SUPLEMENTOS ALIMENTICIOS**

### **8.2.1 PROTEÍNAS EN POLVO Y SUPLEMENTACIÓN CON AMINOÁCIDOS**

Los deportes como halterofilia o fisicoculturismo exigen un gran desarrollo muscular. Por lo que los atletas, además de sus entrenamientos, emplean diferentes suplementos alimenticios con los que buscan incrementar la síntesis de proteínas musculares. Estos suplementos sumados a sus entrenamientos, implican el desarrollo de grandes tensiones y por lo tanto daño muscular, por lo que, el aporte de proteína debe destinarse a la reparación e incremento de la masa muscular (Kuhn, 2009; Peniche, 2011).

El aumento de masa muscular está relacionado con el entrenamiento adecuado, de lo contrario, el exceso de proteína se oxidaría y el nitrógeno se excretaría a través de la urea, además de la carga de trabajo y el daño que este exceso puede ocasionar al hígado y al riñón (Peniche, 2011).

En la actualidad, las revistas de fisicoculturismo incluyen en sus páginas, una gran cantidad de anuncios de productos que contienen proteínas en diversas formas, desde proteínas completas en polvo o aminoácidos aislados, afirmando que los atletas deben tomar estos suplementos para obtener un desarrollo muscular máximo durante sus entrenamientos. Aunque los especialistas de la nutrición, afirman que los individuos que tienen una dieta correcta no presentarían deficiencia de proteína, incluso si esos individuos realizaran actividades intensas (Kuhn, 2009). La suplementación con proteínas animales o vegetales como el suero de leche, ovoalbúminas, caseína o soya, se consume en dosis aproximadas de 30 a 40 g/día disueltas en agua o leche, además de las proteínas obtenidas de los alimentos (Barbany, 2012).

Los aminoácidos obtenidos de la hidrólisis de proteínas se utilizan en forma de mezclas de aminoácidos indispensables y no dispensables o alguno de ellos en forma específica. Estos son muy populares dentro de la halterofilia y el fisicoculturismo, aunque aún no existen estudios científicos que comprueben del todo los efectos de la suplementación con aminoácidos. Un consumo excesivo podría presentar riesgos parecidos a los de una dieta hiperproteínica (Huergo, 1999; Benito, 2008; Barbany, 2012).

El organismo requiere de distintos aminoácidos para la formación de proteínas (ver Anexo A.1). Por esta razón, la ingesta de un solo aminoácido aislado no producirá algún beneficio a la síntesis proteínica. Las funciones de los aminoácidos son diversas, pueden ser convertidos en glucosa por el hígado o músculo, introducirse en la vía del metabolismo energético de los ácidos grasos o ser utilizados como fuente de energía alterna. Además, algunos tienen funciones como precursores de otros aminoácidos, de hormonas o forman parte de neurotransmisores (Kuhn, 2009).

La utilización de los aminoácidos resultante de la hidrólisis de proteínas, durante el ejercicio depende de los siguientes factores (Barbany, 2012):

- El tipo de ejercicio, la intensidad y la duración. Por ejemplo, durante el ejercicio aeróbico intenso, mayor a los 60 minutos, la utilización de aminoácidos aumenta destacablemente, en su mayor parte como combustible energético.
- El entrenamiento de fuerza requiere de mayor cantidad de proteína debido a las necesidades plásticas, de reparación y reconstrucción, así como por el mayor número de fibras musculares y miofibrillas presentes. El entrenamiento aeróbico aumenta la densidad mitocondrial y con ello la actividad enzimática oxidativa y la

utilización de aminoácidos como combustible cuando los niveles de HC están disminuidos.

- La composición de la dieta y la periodicidad con la que se lleve a cabo influyen en la utilización de proteína. Una dieta baja en HC, disminuye los depósitos de glucógeno y aumenta la utilización de aminoácidos gluconeogénicos; una dieta hipoenérgica, deriva en la hidrólisis de proteínas corporales para la oxidación de aminoácidos.

El exceso de proteína de la dieta se oxida hasta urea para posteriormente ser eliminado a través de la orina, por lo que el hígado y el riñón son sometidos a una sobrecarga de trabajo. Además, este exceso puede provocar el aumento de la concentración de cuerpos cetónicos (Lehninger, 2005), que también son eliminados a través de la orina para evitar un estado de cetoacidosis. Esta eliminación requiere la ingesta de grandes cantidades de agua, de lo contrario se podría favorecer una deshidratación más rápida (Peniche, 2011).

Los estudios realizados para evaluar la función renal de fisicoculturistas y consumidores de altas cantidades de proteína (> a 2.8 g/kg de peso) concluyeron que estas personas tienen más predisposición a presentar alteraciones renales, que aquellas personas que consumen cantidades menores de 2.8 g/kg de peso corporal. Una dieta alta en proteínas también provoca un incremento en la acidez de la orina, lo que origina una mayor excreción de calcio, que podría, dar lugar a la formación de cálculos renales (Peniche, 2011).

El consumo excesivo de proteína puede presentar un riesgo elevado de manifestar efectos indeseables en el organismo. Algunos de ellos son (Barbany, 2012):

- Aumento de la concentración plasmática de  $\text{NH}_4$ . Compuesto que altera el pH de la sangre y las funciones neuronales y cardiovasculares.
- Sobrecarga hepática y renal por las altas concentraciones de  $\text{NH}_3$  ya que dichos órganos tienen que transformarlo en urea para su eliminación.
- Riesgo de deshidratación. Se necesitan altos volúmenes de agua para eliminar toda la urea formada.
- Riesgo de desmineralización al tratar de neutralizar el  $\text{NH}_4$  de la orina con fosfatos.
- Aumento de los niveles de ácido úrico (hiperuricemia), responsable del padecimiento conocido como "gota".

### **8.2.2 MULTIVITAMÍNICOS**

Las vitaminas se clasifican de acuerdo a su solubilidad en: hidrosolubles y liposolubles. Las hidrosolubles, vitaminas del complejo B y la vitamina C, no se almacenan en el cuerpo, por lo que se necesita un suministro constante en la dieta. Cuando estas vitaminas se consumen en exceso son eliminadas a través de la orina. Las vitaminas liposolubles, A, D, E y K, al contrario de sus contrapartes, si se almacenan en el cuerpo, en el hígado y en el tejido adiposo principalmente (Guillen, 2009).

La mayor parte de las vitaminas actúan como cofactores de las enzimas y coenzimas, involucradas en diferentes procesos metabólicos y aunque por ellas mismas no generen energía para el organismo, son indispensables para la vida (Guillen, 2009).

Los nutrimentos inorgánicos se encuentran en concentraciones muy bajas en el organismo. Tanto las vitaminas como los nutrimentos inorgánicos son importantes reguladores metabólicos por lo que se recomienda que los



atletas aumenten, según las recomendaciones establecidas, la ingesta de estos nutrimentos. De igual manera, se recomienda el consumo de antioxidantes como la vitamina E o C, debido al fuerte estrés oxidante generado por el ejercicio (Guillen, 2009).

Los multivitamínicos son suplementos que contienen una combinación de vitaminas y nutrimentos inorgánicos, y en ocasiones algunos otros compuestos. Existen diferentes tipos de multivitamínicos, por ejemplo, los conocidos como **“básicos”** que contienen cantidades aproximadas a las recomendaciones generales, o bien, aquellos que contienen cantidades mayores a las recomendaciones. Estos últimos son los que por lo general usan los atletas con el fin de incrementar su ingesta de vitaminas y nutrimentos inorgánicos, aunque una dieta equilibrada y adecuada a las necesidades del individuo debería en principio cubrir dichas necesidades (NIH, 2016).

Algunas de las vitaminas y minerales con mayor impacto en los atletas se presentan en los Anexos A.2 y A.3 (Guillen, 2009).

### **8.3 ESTEROIDES ANABOLIZANTES Y OTRAS HORMONAS**

El ejercicio físico provoca una situación de estrés en el organismo. Este estado produce una serie de respuestas neuro-endocrino-metabólicas con el fin de mantener la homeostasis y el equilibrio total del organismo (Guillen, 2009). Uno de los principales mecanismos reguladores del cuerpo son las hormonas. Estas influyen de manera directa en muchos procesos celulares y químicos del organismo (Yesalis, 1999).

Existen dos tipos de hormonas clasificadas de acuerdo a su composición. Las de origen peptídico (no esteroideas) producidas por las glándula tiroides, el páncreas, las glándulas suprarrenales, la pituitaria y el hipotálamo y las hormonas derivadas del colesterol denominadas

esteroides, que son producidas por las glándulas adrenales y las gónadas, tanto femeninas como masculinas (Yesalis, 1999; Guillen, 2009).

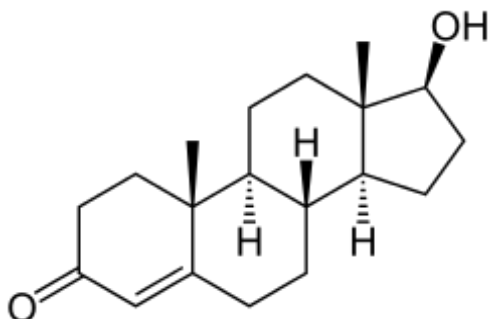
Cuando el músculo esquelético es sometido a entrenamiento con sobrecargas, se puede considerar la utilización de ciertas hormonas según su actividad anabolizante. Lo anterior en el sentido de facilitar, mejorar y coordinar el crecimiento de la masa muscular y otros tejidos involucrados en el proceso de hipertrofia, además de mejorar el rendimiento físico. Algunas de estas hormonas relacionadas son: la testosterona, la hormona de crecimiento (GH), hormonas tiroideas, insulina, corticotropina (ACTH), gonadotropina coriónica, entre otras (Guillen, 2009).

El tratamiento con hormonas está solo recomendado en circunstancias determinadas y después de ciertas y exhaustivas pruebas médicas (Meana, 1995). Sin embargo, en el ámbito del fisicoculturismo, es común el uso de sustancias farmacológicas de índole hormonal que se consumen durante el entrenamiento para incrementar la masa muscular, estimulando la síntesis proteínica, la fuerza de los músculos y algunos otros efectos relacionados con el rendimiento físico (Kuhn, 2009).

### **8.3.1 TESTOSTERONA Y DERIVADOS**

Existen alrededor de 600 tipos diferentes de hormonas esteroideas, como la testosterona, y la mayoría tiene funciones parecidas a las de las hormonas masculinas. Esta familia se conoce como andrógenos. La testosterona (Figura 27) es responsable de los efectos masculinizantes y anabólicos que tienen lugar durante la pubertad y la edad adulta. Entre ellos, el incremento de la masa muscular y la fuerza junto con la disminución de grasa corporal, sin la realización de ejercicio o entrenamiento físico. También es responsable de que el hombre presente mayor número de glándulas sudoríparas, aumenta la cantidad de glóbulos rojos y cambia el perfil lipídico sanguíneo incrementando la propensión de

los hombres a padecer enfermedades cardiovasculares (Yesalis, 1999; Kuhn, 2009).



**Figura 27.** Estructura de la testosterona, nombre químico: **17 $\beta$** -hidroxi-10,13-dimetil-1,2,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17-tetradecahidrociclopentanal[a]-fenentren-3-ona (**17 $\beta$** -hidroxi-4-androsteno-3-ona), (De Groot, 2013).

La estructura de los receptores esteroideos constan de tres partes importantes para su funcionamiento: a) zona central, responsable de la interacción con el ADN, b) zona N-terminal orientada para facilitar la activación de la transcripción y c) zona c-terminal para la interacción del esteroide. Una vez formado el complejo receptor-esteroide, interacciona con determinadas zonas del ADN y se inicia una cascada de eventos que incluyen, además de la presencia del complejo, algunos factores de transcripción e interacciones con el RNA-polimerasa. Uno de los efectos de estas interacciones, complejo receptor-esteroide con el ADN, es la transcripción de genes que codifican para la síntesis de proteínas, la cual dependerá del grado de ocupación de los receptores y del tiempo que duren en el organismo (Meana, 1995).

La testosterona al ser administrada de manera exógena podría actuar de la misma forma que la endógena. Sin embargo, existen dos factores que modifican el esquema descrito anteriormente: a) la administración de dosis superiores a las fisiológicamente necesarias y b) las alteraciones de la estructura química de los esteroides exógenos, lo cual provocaría que los esteroides exógenos no solo interaccionen con receptores androgénicos, sino también con receptores de estrógenos, progestágenos

y glucocorticoides, teniendo un efecto final no androgénico, sino propio del sistema con el que hubo interacción o en su defecto, una total inhibición (Meana, 1995).

Los esteroides anabolizantes son análogos sintéticos de la testosterona, que inducen un incremento de la masa muscular (hipertrofia), por el aumento de la síntesis proteínica y formación de nuevas fibras a través de la activación de células satélite así como disminución de grasa corporal (Guillen, 2009; Yesalis, 1999). Se necesitan concentraciones de entre 10 a 100 veces mayores a las presentes en el organismo y a las utilizadas farmacológicamente para obtener resultados notorios. Dada la semejanza estructural entre el cortisol y la testosterona, altas concentraciones de este esteroide anabolizante bloquearían los receptores del cortisol evitando que lleve a cabo su función catabólica. Así, la testosterona y sus derivados pueden aumentar la masa muscular, en parte, al evitar la degradación del músculo por la acción de los glucocorticoides (Kuhn, 2009).

La testosterona se ha modificado químicamente para retardar su velocidad de absorción, catabolismo y eliminación. Existen tres tipos de modificaciones estructurales que han demostrado su efectividad: a) la **esterificación del grupo hidroxilo en posición 17 $\beta$** , b) **la alquilación de la posición 17 $\alpha$**  y c) modificaciones en la estructura cíclica del esteroide. Estos fármacos se suelen administrar por distintas vías (Meana, 1995; Yesalis, 1999):

- Oral: derivados alquilados en la posición 17 $\alpha$  (metiltestosterona) o en C-1 (**mesterolona**). **Derivados esterificados en la posición 17 $\beta$**  (testosterona undecanoato).
- Parenteral: derivados esterificados de la testosterona con diferentes ácidos carboxílicos (propionato, cipionato, enantato de testosterona).

- Ambas vías: derivados 19-nor esteroides (nandrolona).

En general, estos fármacos resultan ser androgénicamente más activos que la propia testosterona. Cabe destacar que los efectos androgénicos y anabólicos de estos fármacos son indisociables, pese a la creencia de que las modificaciones estructurales serían capaces de separar ambos efectos (Meana, 1995; Yesalis, 1999; Kuhn, 2009).

Las dosis que se administran con fines ergogénicos son de 10 a 100 veces mayores a las usadas en terapias hormonales: Se suelen utilizar distintas pautas de administración de los esteroides anabolizantes, en las que se distinguen formas de ingesta combinadas de varios esteroides, formas cíclicas o con distribución piramidal. Se inicia con dosis diaria baja a dosis más alta y después reduciendo las dosis hacia el final del ciclo, haciendo uso de uno o más esteroides. En la tabla 9 se muestran algunas formas de administración según los objetivos deseados y las dosis relativas en cada caso (Meana, 1995; Yesalis, 1999).

Actividad Física	Efecto buscado	Tipo de administración	Dosis*
<b>Halterofilia</b>	Fuerza/potencia	Combinación de esteroides + Pirámides	10 a 100
<b>Fisicoculturismo</b>	Masa muscular (hipertrofia)	Combinación de esteroides + Pirámides Ciclos de 6 a 12 semanas o continua	10 a 100

**Tabla 9.** Relación entre los efectos buscados tras la utilización de esteroides anabolizantes, el tipo de administración y la dosis (Fragmento de Meana, 1995). \*Se refiere a valores relativos a las dosis consideradas como farmacológicas.

La valoración de la toxicidad de los esteroides anabolizantes es complicada ya que existen diversos factores que modifican los resultados de las pruebas (Meana, 1995):

- Las diferentes pautas de administración y la variación de las dosis utilizadas.
- El tipo de esteroides utilizados.
- La combinación entre esteroides y otros fármacos.
- **Los periodos de "blanqueo" de amplitud variable, que pueden** minimizar de forma significativa los efectos indeseables.
- La utilización de sustancias exclusivamente de uso veterinario.
- Desarrollo y venta de sustancias clandestinas que no cuentan con calidad farmacéutica.
- La susceptibilidad interindividual de los sujetos que consumen estos fármacos.

Los efectos indeseables más comunes asociados al alto consumo de esteroides anabolizantes son los siguientes (Meana, 1995; Kuhn, 2009):

- En hombres, ginecomastia, galactorrea, por la alta presencia de estradiol derivada de las altas concentraciones de testosterona; enfermedades prostáticas, reducción de la libido, oligospermia, disfunción y atrofia testicular, debido a que el organismo cree que está produciendo demasiada hormona masculina y los testículos reaccionan dejando de producir testosterona. Estos efectos pueden desaparecer una vez retirados los esteroides anabolizantes.
- En mujeres, alteraciones del ciclo menstrual y desarrollo de caracteres sexuales masculinos secundarios, ya que incluso pequeñas dosis provocan un aumento enorme de sus niveles de testosterona y propensión a enfermedades cardiovasculares.

Estos efectos pueden ser irreversible si el incremento llega a niveles comparables a los masculinos.

- Aumenta la tensión y las lesiones de los tendones y ligamentos conectados con el músculo ya que estos tejidos no son tan elásticos y no soportan el drástico crecimiento muscular.
- Desarrollo de patologías hepáticas como ictericia, peliosis hepática y desarrollos tumorales particularmente por el uso de los esteroides  $17\alpha$ -alquil derivados. En relación con los tumores hepáticos no se tienen evidencias histológicamente concluyentes.
- Puede aumentar el tamaño del corazón y engrosar sus paredes, de tal manera que el corazón no pueda bombear sangre adecuadamente. Puede ser reversible al retirar los esteroides, pero en ocasiones el daño puede ser irreversible.
- En estudios controlados, se ha detectado la disminución de la concentración de inmunoglobulinas A (IgA) y el aumento de células NK (Natural Killer).
- Reducción de colesterol HDL, con elevación de lipoproteínas LDL y un incremento de la presión sanguínea. Probables afecciones cardiovasculares por el cambio en las lipoproteínas asociadas al colesterol.
- Efectos sobre la esfera neuro-psiquiátrica con episodios de hostilidad y agresión incontrolada, hipomanía, psicosis paranoides y depresión después de discontinuar el uso de estas sustancias.
- Los estudios experimentales, tanto en modelos animales como en humanos, para evaluar conceptos tales como la susceptibilidad al abuso, conductas de autoadministración o estudios de discriminación para las drogas de abuso clásicas son de poca utilidad, aunque hay algunos estudios que han puesto de manifiesto dependencia física, pero solo en hombres y no en mujeres ni pacientes en tratamientos hormonales. Los síntomas

de dependencia incluyen, ansias por conseguir esteroides, fatiga, depresión, cansancio, anorexia, insomnio, disminución de la libido y cefaleas.

En la siguiente lista se mencionan sólo algunos de los esteroides anabolizantes más habituales y algunas marcas que suelen comercializarse (Kuhn, 2009):

### ESTEROIDES ANABOLIZANTES

En inyección:

- Testosterona (Malogen, Delatestryl)
- Cipionato de testosterona (TexTex, Depo-testosterona)
- Enantato de testosterona (Delastryl)
- Nandrolona (Durabolin, Nandrobolic)

Administración oral (tendencia a problemas hepáticos):

- Oxandrolona (Anavar)
- Oximetolona (Anadrol, Anapolon 50)
- Fluoximesterona (Halotestin, Ultradren)
- Metiltesterona (Estratest, Virilion)

Esteroides que pueden convertirse en estradiol

- Oximetolona (Anadrol, Anapolon 50, Adroyd)
- Testosterona (Malogen, Malogex, Detestryl, testobject)
- Cipionato de testosterona (TexTex, Depo-testosterona)
- Enantato de testosterona (Delastryl)

Esteroides de comercialización no aprobada en Estados Unidos

- Bolasterona (Vebonol)
- Clostebol (Steranobol)
- Dehidroclorometil-testosterona (Turinabol)
- Dihidrotestosterona (Stanolone)
- Mesterolona (Androviron)
- Metandienona (Danobol, Dianobol)
- Metenolona (Primobolan) Éster de testosterona oral, no tóxico para el hígado
- Noretandrolona (Nilevar)

Esteroides exclusivos de uso veterinario

- Boldenona (Equipoise)
- Acetato de trenbolona (Finaplix)
- Estanozolol (Winstrol, Stromba)



### **8.3.2 HORMONA DEL CRECIMIENTO**

La hormona del crecimiento (GH) es secretada por la hipófisis (Kuhn, 2009) En personas sanas promueve un rápido crecimiento de los huesos durante la pubertad (Kuhn, 2009). En adultos, tiene efectos mínimos, pero perceptibles, sobre la hipertrofia muscular y el mantenimiento de la misma, y el crecimiento de varios órganos y tejidos como corazón, pulmón, páncreas, tejido conectivo, cartílagos, tejido óseo. Además, contribuye al control de los niveles de glucosa en sangre modulando la acción de la insulina, mejora la utilización de ácidos grasos, aumentan la lipólisis, mejora la absorción y utilización de aminoácidos (Meana, 1995; Guillen, 2009; Kuhn, 2009).

La GH no actúa directamente sobre los tejidos, sino que va directo al hígado, en donde se lleva a cabo la producción de otras proteínas conocidas como somatomedinas o factores de crecimiento (IGFs). La hormona se degrada unos pocos minutos después, lo que no sucede con los IGFs, que pueden permanecer durante varias horas en el organismo, dirigirse a los tejidos diana y son los responsables de la mayoría de los efectos biológicos de esta hormona (Meana, 1995; Guillen, 2009; Kuhn, 2009).

Para el buen funcionamiento de esta hormona es imprescindible una adecuada nutrición y la ausencia de procesos patológicos. Se sabe que en situación de ayuno prolongado, los niveles de insulina caen hasta niveles casi indetectables, esto genera una disminución en la secreción de somatomedinas y se eleva la síntesis y secreción de GH, lo que aumenta la producción hepática de glucosa, se incrementa la lipólisis y causa una disminución de la utilización periférica de glucosa. La GH tiene una acción antagónica sobre la insulina, actuando en sinergia con el glucagón para evitar situaciones de hipoglucemia (Kuhn, 2009).

Una adecuada ingesta de proteína permite que los aminoácidos absorbidos por el organismo se utilicen en la síntesis de proteínas. Además, estimulan la secreción de GH e insulina, actuando conjuntamente en la producción de IGFs, los cuales favorecen el aumento de masa magra. Cuando el consumo de HC es mayoritario, la glucosa absorbida estimula la secreción de insulina suprimiendo la GH. En situaciones como ésta, no se hacen presentes los IGFs, ya que en ausencia de aminoácidos, la insulina es suficiente para mantener el anabolismo proteínico (Kuhn, 2009).

Los factores fisiológicos que estimulan la secreción de GH en un individuo normal son el ayuno, el ejercicio, el sueño, el estrés, y la ingesta proteínica. La administración farmacológica de aminoácidos, insulina, estrógenos, andrógenos, corticoides, dopamina, acetilcolina, serotonina, agonistas  $\alpha$ -adrenérgicos, y encefalinas también estimulan la secreción de GH (Kuhn, 2009).

Los estudio e investigaciones que se han realizado sobre el uso de la GH son muy pocas debido a que su aplicación para la mejora del rendimiento deportivo es relativamente nueva. Estas investigaciones han podido concluir que la GH efectivamente aumenta la masa muscular magra pero sólo en personas que ya no cuentan con la hormona en cantidades suficientes, como las personas de la tercera edad, y persona que no pueden producirla en cantidades normales. Los efectos de esta hormona en personas normales y sanas son muy bajos. Se ha reportado el crecimiento de los cartílagos, lo que es beneficioso para aquellos atletas que consumen esteroides anabolizantes, ya que pueden compensar los problemas de cartílagos y tendones causados por las sustancias esteroideas (Kuhn, 2009).

Aunque los estudios existentes sobre esta hormona se han realizado con dosis seguras y no se han podido predecir los efectos negativos de GH

derivados de la utilización de dosis muy altas, como las usadas por los atletas, se sabe que existen efectos asociados a grandes cantidades de esta hormona en el organismo que pueden provocar el crecimiento de órganos como el hígado y el bazo. De hecho, muchos fisicoculturistas experimentados suelen decir que pueden reconocer a las personas que utilizan esta hormona por el crecimiento anormal del hígado que arruina la estética de toda la zona abdominal. Además, en adultos, la GH afecta el **crecimiento óseo, "malformando" los huesos de la cara y otros huesos**, como en las personas que sufren de acromegalia por un exceso natural de esta hormona, y que no solo son muy altas, sino que presentan deformaciones de todos los huesos de la cara, así como en orejas y lengua. Las consecuencias de altas concentraciones de GH, van más allá de lo estético, ya que esta hormona contribuye al control de la glucosa sanguínea y su uso puede provocar síntomas parecidos a los de la diabetes (Kuhn, 2009).

Como ya se mencionó, los efectos de la GH proceden en su mayor parte de los IGFs. Por eso es que, hay empresas fabricantes de suplementos, que comercializan este compuesto, en forma de comprimidos, como alternativa a los esteroides anabolizantes. La desventaja que presentan las tabletas de IGF, en comparación con la GH inyectable, es que al ser ambas hormonas de origen proteínico, sufren los procesos de digestión como cualquier otra proteína (Kuhn, 2009).

Algunas de las presentaciones más comunes de la GH son (Kuhn, 2009):

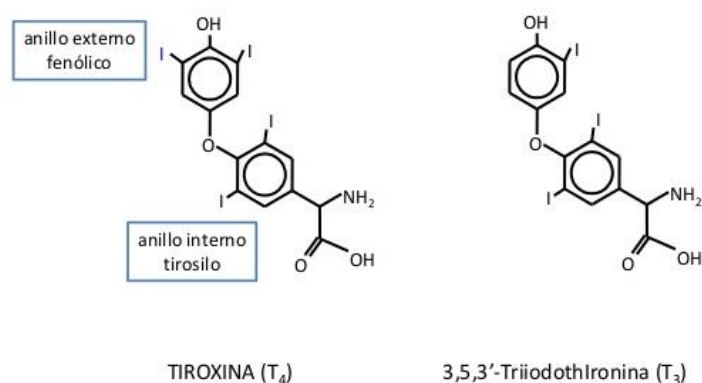
- Protropina (producida por bacterias)
- Humatropina (producida por bacterias)
- Grescomon (aislada de cadáveres humanos)
- Assellacrin (aislada de cadáveres humanos)

Las dos últimas se consideran como fármacos ilegales en los Estados Unidos debido a la posibilidad de transmisión de la enfermedad de Creutzfeld-Jacob.

### 8.3.3 Hormona Tiroidea

La idea detrás de las sustancias "quema grasa" es aumentar el uso de energía sin necesidad de practicar ejercicio, es decir, aumentar la energía utilizada durante el reposo (Kuhn, 2009).

La hormona tiroidea es una de éstas. La glándula Tiroides, situada en el cuello, es la encargada de producir la hormona tiroidea (TH), que está formada por una mezcla de dos hormonas diferentes, Triyodotironina (T3) y Tetrayodotironina (T4) (Figura 28) siendo esta última la más abundante.



**Figura 28.** Estructuras de las hormonas que forman la hormona tiroidea, secretada por la glándula tiroides.

Estas dos hormonas son almacenadas en la glándula que las produce como un complejo formado con globulina, conocido como tiroglobulina. Al momento de ser liberadas, se desprenden de la globulina y entran al torrente sanguíneo. Una vez ahí se fijan a globulinas plasmáticas y circulan en forma del complejo hormona-globulina, desprendiéndose de ella cuando se acercan a sus células diana (Patton, 2013).

Aunque la glándula tiroides libera hasta 20 veces más concentración de T4 que de T3, se considera a esta última como la principal hormona tiroidea. La razón es que T4 se une más fuertemente a la globulina impidiendo que llegue con la misma rapidez a las células diana, al contrario que T3. Además, las pequeñas cantidades de T4 que entran a las células se convierten en T3 (Patton, 2013).

La hormona tiroidea ayuda a regular los procesos de crecimiento celular y diferenciación tisular, así como metabolismo basal por lo que las personas que padecen niveles bajos de esta hormona suelen ganar peso fácilmente, a sentirse cansados y estar deprimidos. Por el contrario, las personas con altos niveles de hormona tiroidea son enérgicos y muy delgados, puesto que su organismo consume más energía.

La hormona tiroidea en altas concentraciones estimula la acción del sistema nervioso simpático y, a niveles superiores a los normales, provoca un aumento peligroso de la frecuencia cardíaca y la presión sanguínea, eleva la temperatura corporal, fuerza al organismo a utilizar las proteínas como fuente de energía, lo que se traduce en catabolismo muscular y por lo tanto en pérdida de masa muscular (Kuhn, 2009).

## **9. DISCUSIÓN**

El sedentarismo es una de las primeras causas de mortalidad y morbilidad a nivel mundial y junto con una alimentación inadecuada, son los factores de riesgo más importantes reconocidos en algunos padecimientos, tales como la obesidad, diabetes mellitus tipo II, enfermedades cardiovasculares, dislipidemias, algunos tipos de cáncer, entre otras. En contra parte, está demostrado, con estudios realizados desde la década de los 70's hasta la fecha, que las personas que realizan algún tipo de AF o ejercicio como parte de su rutina diaria, al menos 30 min al día, a una intensidad moderada o alta y aunado a una alimentación adecuada y equilibrada, presentan menor riesgo de padecer alguna de estas ECNT, además de mejorar el estado muscular, óseo, el sistema cardiovascular y respiratorio, disminuir los niveles de estrés, ansiedad y depresión.

Los estudios e investigaciones consultados determinaron que los beneficios de la AF a la salud son mejores cuando se combinan ejercicios aeróbicos y anaeróbicos. Esta combinación de ejercicios a una intensidad moderada y de manera regular ha demostrado tener resultados favorables en la prevención ECNT tanto en personas con obesidad como en personas sanas, además de ayudar particularmente en el control y disminución de peso, ya que durante su realización, la movilización de ácidos grasos es mucho mayor que en la AF de baja y alta intensidad, en donde los HC son la principal fuente de energía.

Es conveniente mencionar que generalmente los individuos consideran que sudar profusamente durante las sesiones de ejercicio, es equivalente a perder masa grasa de manera considerable, lo cual esta inequívocamente mal enfocado, ya que aunque si existe una pérdida de peso, no es propiamente del componente graso que se necesita eliminar para este fin, sino solo una pérdida de líquidos corporales y electrolitos, que conllevan a

una posible deshidratación dependiendo la cantidad de agua perdida, con las consecuencias ya mencionadas en este trabajo.

Cuando las personas sedentarias que no tienen una buena condición física o personas con alguna ECNT deciden incluir en su rutina diaria algún tipo de ejercicio se recomienda empezar por AF de baja intensidad ya que éstas van a ser las encargadas de motivar al individuo y de crear afinidad hacia ésta, además de acondicionar su organismo para mejorar su condición física y poder realizar posteriormente actividades y ejercicios de mayor intensidad sin poner en riesgo su salud. Esto es importante considerarlo ya que en ocasiones la falta de información lleva a las personas que empiezan a realizar algún tipo de AF, por primera vez, a realizar actividades de intensidades moderadas o altas, lo que puede provocar lesiones, desagrado por dicha actividad, generada por la sensación de “creer que es muy pesado realizar ejercicio”, **que se traduce** en abandono de la actividad y por ende, tener alguna repercusión aún más grave sobre su estado de salud.

Los beneficios que brinda el ejercicio y la AF, tanto para la población en general como para los atletas, se complementan con una alimentación correcta, que debe de ser equilibrada y que brinde todos los nutrimentos en las proporciones y cantidades adecuadas, de acuerdo a las recomendaciones nutrimentales establecidas, al nivel de AF y etapa de la vida en que se encuentre cada individuo. Esto permite generar un balance energético neutro y evitar el exceso innecesario de nutrimentos.

En el caso particular de los atletas que buscan aumentar su rendimiento físico y su masa muscular llegan a consumir dietas con cantidades excesivas de proteína (más de 3 g/kg de peso). Dicho exceso por encima de las recomendaciones tiene un impacto en las funciones renales y hepáticas, ya que la eliminación de la gran cantidad de metabolitos

formados durante el catabolismo de proteínas (urea, amonio, amoniaco y cuerpos cetónicos) le da una sobrecarga de trabajo a estos dos órganos, que con el paso del tiempo empiezan a disminuir su funcionalidad de manera más rápida que en una persona que consumen las cantidades adecuadas de este nutrimento.

Hoy en día, las personas no sólo buscan un beneficio a su salud al integrar la práctica de ejercicio regular, muchas de ellas se inclinan más por aspectos estéticos, de belleza o aumentar el rendimiento físico para cumplir con los estereotipos estipulados en la sociedad actual, con el fin de mejorar el autoestima, las relaciones interpersonales y el autoconcepto de cada individuo.

En ocasiones, estos individuos llevan a cabo malas prácticas de entrenamiento, regímenes de alimentación incorrectos o desproporcionados y llegan a utilizar sustancias y productos ergogénicos, los cuales prometen ayudar a aumentar el rendimiento físico y alcanzar el objetivo deseado en menos tiempo y con menos esfuerzo.

El uso de estas sustancias puede provocar efectos adversos por la información errónea a la que se tiene acceso. Esto sucede porque, en ocasiones, los estudios sobre los productos ergogénicos o sobre los regímenes específicos para atletas no son concluyentes o bien, el manejo de la información solo resalta los efectos benéficos, sin tomar en cuenta las consecuencias que puede llegar a tener su consumo.

De igual manera las personas que no tienen una educación formal o que no cuentan con las bases ni el conocimiento sobre el tema, malinterpretan la información que leen o que obtienen de ciertos lugares, sitios de internet, revistas, de amigos en común o por recomendación de personas que ya probaron algún producto, sin considerar que esta información puede no ser tan confiable o estar tergiversada y que cada organismo es



totalmente diferente, por lo que los efectos de un mismo producto difieren de acuerdo al modo de aplicación o a la dosis que se está empleando.

Un par de conceptos que llegan a causar confusión son los de suplemento alimenticio y suplementos o sustancias ergogénicas. De acuerdo la definición de COFEPRIS, expuesta en capítulos anteriores, se hace énfasis en que estos productos tienen la finalidad de complementar, suplir o incrementar la ingesta dietética total de un individuo. En contraparte los suplementos ergogénicos, que pueden ser de carácter nutricional, natural o farmacológico, tienen la finalidad de promover la mejora en la realización de ejercicio y en el rendimiento físico de las personas que los consumen.

En el mercado existen diferentes productos como las proteínas hidrolizadas o productos con altas concentraciones de proteína, multivitamínicos y productos con aminoácidos aislados que podrían ser suplementos alimenticios, pero al mismo tiempo podrían clasificarse como sustancias ergogénicas, que es donde se puede suscitar dicha confusión. Con base a las referencias bibliográficas consultadas, estos productos se clasifican de acuerdo al objetivo que se busque conseguir con el consumo de éstos, es decir, si un batido de proteína o productos con altas concentraciones de proteína se usa para complementar la ingesta de este nutrimento, por alguna carencia en la dieta, se clasificará como suplemento alimenticio. Si estos productos se usan con el fin de aumentar la ingesta y aparte con el objetivo principal de aumentar la masa muscular del individuo, se considerará como suplemento ergogénico porque está involucrado en el rendimiento físico del individuo. Este seguimiento se puede realizar de igual manera para aquellos productos que dentro de sus características puedan ser clasificados bajo la definición de suplemento alimenticio y suplemento ergogénico.

Como ya se mencionó, el hecho de consumir grandes cantidades de proteína no asegura un aumento en la masa muscular. La hipertrofia va a depender del tipo de ejercicio realizado y la duración de éste, ya que a mayor duración las proteínas intervendrán más en la producción de energía que en la síntesis de proteínas. Además, la composición de la dieta juega un papel muy importante en la forma que el cuerpo utiliza la proteína ya que una dieta baja en HC aumentará el uso de aminoácidos para la obtención de energía, lo que provoca degradación de proteínas corporales y afecta de manera directa la formación y el recambio proteínico.

La mayoría de las sustancias ergogénicas presentan una serie de efectos secundarios que pueden llegar a poner en riesgo la salud de quien los consume. Entre los efectos que se encontraron se pueden mencionar diarreas, deshidratación, daño hepático y renal, padecimientos cardiovasculares, hiperuricemia, entre otros; en el caso de los esteroides anabolizantes, se puede presentar ginecomastia, hipogonadismo, enfermedades prostáticas y atrofia testicular, efectos que pueden ser reversibles después de discontinuar su uso, si es que no se ha causado un daño permanente; así como otro tipo de patologías y padecimientos que pueden de igual manera afectar a las mujeres consumidoras, como el desarrollo de caracteres sexuales secundarios masculinos, alteración del ciclo menstrual y otras enfermedades. Lo que deja ver que el uso de estas sustancias puede acarrear más daños a la salud que beneficios.

Con base en la relación daño-beneficio encontrada en las fuentes consultadas se pueden clasificar las sustancias ergogénicas presentadas en este trabajo en una escala de menor a mayor riesgo de la siguiente manera: creatina < concentrados de proteínas < óxido nítrico < hormona tiroidea < hormona de crecimiento < testosterona y derivados, considerando ésta última la más peligrosa, ya que puede presentar

demasiados efectos adversos documentados. También se puede considerar que los concentrados de proteínas son relativamente inocuos si se usan dentro de las recomendaciones establecidas. Esta escala no es una recomendación de uso, sólo es para ilustrar de manera sencilla la peligrosidad de estas sustancias de acuerdo a los estudios realizados sobre los efectos adversos que se pueden presentar

Desde un punto de vista imparcial el uso de algunas sustancias ergogénicas y de esteroides anabolizantes por individuos que deseen alcanzar la musculatura de un fisicoculturista, no es una práctica inadecuada siempre y cuando el individuo que los utilice esté consciente de lo que hace, lo consulte, lleve una valoración y esté monitorizado por un experto de la salud; tenga objetivos bien planteados, lleve a cabo un plan de entrenamiento que le va a brindar más beneficios en conjunto con el uso de estas sustancias y aparte los combine con una alimentación adecuada, además de poseer toda la información necesaria, correcta y lo más precisa posible sobre los productos que va a consumir y los efectos que su uso puede ocasionar a su salud, y no sólo por querer ahorrarse unos cuantos meses más de trabajo o un poco más de esfuerzo.

Si se analiza desde un punto de vista competitivo, el uso de cualquier sustancia que mejore el rendimiento físico de un individuo de manera **“notable” y que** coloque en desventaja a los demás competidores puede considerarse como una práctica inadecuada y es por ello que en muchos deportes existen sustancias de uso terminantemente prohibido por ofrecer estas ventajas, por mínimas que sean, a los individuos que las utilizan.

Casi todos los deportes hacen uso del entrenamiento de la fuerza para garantizar la mejora del rendimiento físico, potenciar ciertas cualidades y grupos musculares, de manera específica según la disciplina en cuestión. Así mismo, las tres principales disciplinas asociadas directamente con el

entrenamiento de movilización de cargas, utilizan una variedad de métodos y ejercicios que consisten en movilizar y soportar la mayor cantidad de peso posible para aumentar y mejorar la fuerza, la potencia, la resistencia y la masa muscular de manera generalizada y no específicamente de ciertos grupos musculares como en otras disciplinas. Aunque estos tres deportes están relacionados, la forma de entrenar y en los instrumentos y equipos que suelen utilizar, sus objetivos son totalmente diferentes y por lo mismo, la mayor parte de su entrenamiento varía en función de dichos objetivos.

En la halterofilia, al ser un deporte olímpico que cuenta con todo un protocolo de desarrollo y en el que es importante la técnica y la postura del atleta durante el levantamiento, además de centrar el entrenamiento en mejorar la potencia y la resistencia muscular del individuo, se trabaja de manera ardua en establecer, mejorar, dominar y mantener los movimientos y las técnicas necesarias durante la competencia. Los entrenamientos de los individuos que practican powerlifting se centran en mejorar la potencia y la resistencia muscular de los grandes grupos musculares involucrados en los tres tipos de pruebas que realizan (press de banca, sentadilla profunda y levantamiento de peso muerto) sin priorizar la técnica, enfocándose de manera casi exclusiva en levantar la mayor cantidad de peso en cada una de estas pruebas. Los objetivos del fisiculturismo se centran en obtener el máximo desarrollo muscular de todo el cuerpo de manera equilibrada, simétrica y bien proporcionada a partir del uso de cargas, series y repeticiones suficientes para producir estos cambios. Durante las competencias de este deporte, el objetivo principal es mostrar los resultados del trabajo realizado, traducido como la masa muscular obtenida, de la manera más estética posible a partir de posiciones corporales que resaltan los diferentes grupos musculares.

## **10. CONCLUSIONES**

- La AF está definida como cualquier movimiento corporal producido por los músculos esqueléticos que requiera un gasto de energía sobre el nivel de reposo, por otro lado, el término ejercicio es una subcategoría de AF la cual debe ser planeada, estructurada y es repetitiva, cuyo principal objetivo es el desarrollo o mantenimiento de un estado físico.
- Los beneficios de la AF incluyen la disminución de factores de riesgo asociados a ECNT, previniendo además, padecimientos psicológicos como ansiedad y depresión, mejorando el autoestima de las personas, apariencia, fuerza, rendimiento físico, mejora los sistemas cardiovascular y respiratorio, muscular, óseo y en general la salud de todo el organismo.
- Las recomendaciones dietéticas y algunos regímenes alimentarios utilizados por personas que realizan ejercicio o entrenamiento de movilización de cargas dependen de cada individuo con base a las características de cada disciplina.
- De acuerdo a las definiciones citadas, se sugiere que los términos suplemento alimenticio y suplemento o sustancia ergogénica se empleen de acuerdo a su composición y principalmente al objetivo principal de uso.
- Las dosis utilizadas de gran parte de las sustancias ergogénicas son de 10 hasta 100 veces mayores a las recomendadas, a las farmacológicas o a las que puede haber presentes de manera natural en el organismo, provocando, la mayoría de ellas, efectos

secundarios indeseables como diarreas, deshidratación, daño hepático y renal, generación de radicales libres, padecimientos cardiovasculares, hiperuricemia, malformaciones y crecimiento descontrolado de órganos y tejidos, dependiendo de la sustancia o sustancias utilizadas.

- Los efectos androgénicos y anabólicos de los esteroides anabolizantes son indisociables sin importar el tipo de modificación estructural que se realice a la molécula y los efectos adversos pueden ser variados dependiendo éstas modificaciones, las dosis utilizadas y el tiempo de uso.
- De las sustancias ergogénicas mencionadas en este trabajo y de acuerdo a la información revisada, los suplementos más peligrosos por los efectos secundarios que pueden presentarse son los esteroides anabolizantes, sus derivados y las hormonas de crecimiento y tiroideas.

## 11. REFERENCIAS

- Abeigón, T. (2013). **EL "FISICOESCLTURISMO" Y LA "ESCUELA FRANCESA": EL CAMINO A SEGUIR PARA LA AUTOPEFECCIÓN HUMANA.** Recuperado de: <http://culturismosport.net/2013/01/14/el-fisicoesclturismo-y-la-escuela-francesa-el-camino-a-seguir-para-la-autoperfeccion-humana/> (Fecha de consulta: Mayo, 2016).
- Aguilar Cordero, M. J., Ortegon Piñero, A., Mur Villar, N., Sanchez García J. C., García Verazaluce J. J., García García I. & Sánchez Lopez A. M. (2014). Review. Programas de actividad física para reducir sobrepeso y obesidad en niños y adolescentes: revisión sitemática. *Nutr. Hosp.* **30**(4):727-740
- Aucella, F., Battaglia, Y., Bellizzi, V., Bolignano, D., Capitanini, A., Cupisti, A. (2015). Physical excercise programs in CKD: Lights, shades and perspectives: a position paper of the physical excercise in CKD studygroup of the Italian Society of Nephrology. *Ital. Soc. Nephrology* **28**:143-150
- Barbany, J. R. (2012). *Alimentación para el deporte y la salud.* Madrid, España: Paidotribo pp.171-209, 213-253
- Benito Peinado, P. J. (2008). *Conceptos básicos del entrenamiento con cargas: de la musculación al wellness.* España: Kinesis pp. 19-25, 423-440
- Best & Taylor. (2010). *Bases fisiológicas de la práctica médica.* (ed. 14ª). Bueno Aires: Editorial Médica Panamericana. pp.921-928

- Blair, N. S., La Monte, J. M. & Nichman, Z. M. (2004). The evolution of physical activity recommendations: how much is enough? *The American Journal of Clinical Nutrition*. **79**(suppl): 913S-920S
- Bloomer, R. J. (2010). SUPLEMENTACIÓN CON ÓXIDO NÍTRICO PARA EL DEPORTE. (Ed) *PubliCE Standard*. Recuperado de: <http://g-se.com/es/journals/publicce-standard/articulos/suplementacion-con-oxido-nitrico-para-el-deporte-1279> (Fecha de consulta: Agosto, 2016).
- Bruce, M. K., Bruce, A. S. Berne & Levy. (2009). *Fisiología*. (ed. 6a). España: Elsevier. pág. 231-255
- Carmona, S., Gavilanes, R., Maya, A. & Plata, R. (2011). *Compendio de bioquímica*. México: Facultad de Química, UNAM. pp. 23, 27-33, 37-40, 51-54
- Carspen, C. J., Powell, K. E. & Christenson, G. M. (1985). Physical activity, excercise and physical fitness: definitions and distinctions for health related research. *Public Health Reports*. **100**(2):126-131
- Castillo, I., Balaguer, I. & García-Merita, M. (2007). Efecto de la práctica de actividad física y de la participación deportiva sobre el estilo de vida saludable en la adolescencia en función del género. *Revista de Psicología del Deporte* **16**(2):201-210
- Centro Nacional de Desarrollo de Talentos Deportivos y Alto Rendimiento (CNAR). [http://cnar.gob.mx/levantamiento\\_pesas.html](http://cnar.gob.mx/levantamiento_pesas.html) (Fecha de consulta: ABRIL, 2016)



- Chicharro, L. J. & Fernández, V. A. (2006). *Fisiología del ejercicio*. Madrid: Ed. Médica Panamericana. pp. 42-43
- Comisión Federal para la Prevención Contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS). (Última actualización: Agosto, 2011) <http://www.cofepris.gob.mx/Paginas/Suplementos%20Alimenticios/%C2%BFQue-son-los-suplementos-alimenticios.aspx> (Fecha de consulta: Agosto, 2016)
- Comisión Nacional del Deporte (CONADE). *Actividad física beneficiosa para la salud*. (Última actualización: 2010) Recuperado de: [http://new.codejalisco.gob.mx/sites/default/files/documentoseventos/Articulo03\\_0.pdf](http://new.codejalisco.gob.mx/sites/default/files/documentoseventos/Articulo03_0.pdf) (Fecha de consulta: Marzo, 2016)
- De Groot, A., Blay Linares, G. & Anton Koert, A. (2013). *Esteroides anabolizantes*. Badalona, España: Paidotribo. pp. 1-5
- Diéguez Papí, J. (2007). *Entrenamiento funcional en programas de fitness Vol. I. Método de entrenamiento para actividades de fitness/salud: Bases teórico-prácticas*. Barcelona: INDE Publicaciones.
- Dietrich, M., Klaus, C. & Klaus, L. (2001). *Manual de metodología del entrenamiento deportivo*. Barcelona: Paidotribo. pp. 369-372
- Doncel, R. L. (2010). *Manual de powerlifting y otras modalidades de levantamiento de peso*. Madrid: Visión Libros. pp. 17-21
- Drucker, C. R. (2005). *Fisiología médica*. México: El Manual Moderno pp. 827-834

- Dumith, S.C., Hallal, P.C., Reis, R.S. & Kohl H. W. (2011). World wide prevalence of physical inactivity and its association with human development index in 76 countries. *PrevMed* 53(1-2):24-28
- European Food Information Council (EUFIC). *Los Beneficios de la actividad física*. (Última actualización: 2006) Recuperado de: <http://www.eufic.org/article/es/salud-estilo-de-vida/comida-sana/artid/beneficios-actividad-fisica/> (Fecha de consulta: Abril, 2016)
- Francesconi C., Lackinger C., Weitgasser R., Haber P. & Niebauer J. (2016). Physical activity and exercise training in the prevention and therapy of type 2 diabetes mellitus. *Wien Klin Wochenschr*. Germany. PubMed
- Fried, H.G. (1990). *Biología*. México: McGraw Hill INTERAMERICANA DE MÉXICO S.A. de C.V. pp. 27
- Frimel, T. N., Sinacore, D. R. & Villareal, D. T. (2008). Exercise attenuates the weight-loss-induced reduction in muscle mass in frail obese, older adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*; 40(7):1213-1219
- Foster-Schubert, K. E., Alfano, C. M., Duggan, C. R., Xiao, L., Campbell, K. L., Kong, A. & McTiernan, A. (2012). Effect of diet and exercise, alone or combined, on weight and body composition in overweight-to-obese post-menopausal women obesity. *Silver Spring. Md.* 20(8):1628-1638.

- Gil, H. A. (2010). *Tratado de nutrición. Tomo III: Nutrición humana en el estado de salud*. (ed. 2da) España: Médica Panamericana. pp. 472
- Guillen Del Castillo, M. & Ariza Vargas, L. (2009). *Las ciencias de la actividad física y el deporte como fundamento para la práctica deportiva*. Córdoba: Servicio de Publicaciones, Universidad de Córdoba. pp. 147-171
- Guimarães Ferreira L. (2014). Role of phosphocreatine system on energetic homeostasis in skeletal and cardiac muscles. *Einstein*. **12**(1):126-131
- Hernán Jiménez, Ó. & Ramírez-Vélez, R. (2011). Strength training improves insulin sensitivity and plasma lipid levels without altering body composition in overweight and obese subjects. *Endocrinología y Nutrición (English Edition)* **58**(4):169-174.
- Howley, E. T. (2001). Type of activity: Resistance, aerobic and leisure versus occupational physical activity. *Med. Sci. Sports Exerc.* **33**(6):S364-S369.
- Huergo, C. M. (1999). *Proteínas y culturismo: Mitos y verdades del papel de las proteínas y los aminoácidos en la alimentación para el culturismo y el entrenamiento de fuerza*. España: Hispano Europea S.A. pp. 90-134

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (INEGI). (Última actualización: 2015). <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/encuestas/hogares/modulos/moprade/default.aspx> (Fecha de consulta: ABRIL, 2016)
- Instituto Nacional de Salud Pública (INSP) (Última actualización: 2012). <http://ensanut.insp.mx/doctos/analiticos/ActividadFisica.pdf> (Fecha de consulta: Diciembre, 2016)
- International Federation of BodyBuilding and Fitness (IFBB) (Última actualización: 2016). <http://www.ifbb.com/rules/> (Fecha de consulta: Mayo, 2016)
- Kuhn, C., Swartz-welder, S. & Wilson, W. (2009). *Anabolizantes, estimulantes y calmantes en la práctica deportiva: Información fidedigna sobre medicamentos, suplementos y entrenamiento dirigida a atletas*. (ed. 2ª) España: Paidotribo. pp. 45-136
- Lehninger, L. A., Nelson, L. D., Cox, M. M. (2005). *Principios de bioquímica*. (ed. 4º) Barcelona: Omega pp. 671, 900
- Lee, Y. H., Song, Y. W., Kim, H. S., Lee, S. Y., Jeong, H. S., Suh, S. H. & Hong, Y. M. (2010). The effects of an exercise program on anthropometric, metabolic, and cardiovascular parameters in obese children. *Korean Circulation Journal* **40**(4): 179-184.
- Márquez, R. S. (1995). Beneficios Psicológicos de la Actividad Física. *Rev. de Psicol. Gral y Aplic.* **48**(1): 185-206

- Márquez, R. S. & Garatachea V. N. (2013). *Actividad física y salud*. Madrid: Díaz de Santos. pp. 405-436
- McArdle, W. D., Katch, F. I. & Katch, V.L. (2004). *Fundamentos de fisiología del ejercicio*. (ed. 2ª) España: Mc Graw Hill. pp. 128-130
- McArdle, W. D., Katch, F. I. & Katch, V.L. (2015). *Fisiología del ejercicio: Fundamentos*. (ed. 4º) España: Médica Panamericana. pp. 34-47, 72-77, 96-103, 110, 118-120
- Meana, J. J. & Barturen F. (1995). *Drogas y deporte: Farmacología del doping. Avances en farmacología de drogodependencia*. España: Universidad de Deusto. pp. 34, 35, 53-62, 75-80
- Mendoza Patiño, N. (2008). *Farmacología*. España: Médica Panamericana. pp. 402-403
- Men's Health. *Gana músculo más rápido con esta dieta*. (Última actualización: Mayo, 2016) <http://www.menshealth.es/nutricion/dietas/articulo/Gana-musculo-con-la-mejor-dieta/4> (Fecha de consulta: Agosto, 2016)
- Moreno Alba, O. (2012). *Revisión de la hipertrofia muscular en fisicoculturistas*. Tesina de Licenciatura. México, Facultad de Odontología. UNAM.
- Moreno, J. A., Moreno, R. & Cervello E. (2007). El autoconcepto físico como predictor de la intención de ser físicamente activo. *Psicología y Salud*. 17(2):261-267.

- National Institute of Health (NIH). Suplementos multivitamínicos /minerales. (Última actualización: febrero, 2016) <https://ods.od.nih.gov/factsheets/MVMS-DatosEnEspañol/> (Fecha de consulta: Agosto, 2016).
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2010). **Recomendaciones mundiales sobre actividad física para la salud**. Suiza: Ediciones de la OMS. pp. 10, 16, 18-31,40-41, 50-51. Recuperado de: [http://www.who.int/dietphysicalactivity/factsheet\\_recommendations](http://www.who.int/dietphysicalactivity/factsheet_recommendations)
- Palacios, G. N., Manonelles, M. P., Blasco, R. R., Franco, B. L., Gaztañaga, A. T., Manuz, G. B. & Villegas, G. J. A. (2012). Archivos de medicina del deporte: ayudas ergogénicas nutricionales para las personas que realizan ejercicio físico. **FEMEDE 29**(1):1-76
- Patton Kevin, T. & Thibodeau Gary, A. (2013). **Anatomy & Physiology**. (ed. 8ª) España: Elsevier. pp. 348-412
- Peniche Zeevart, C. & Boullosa Moreno, B. (2011). **Nutrición aplicada al deporte**. México: Mc Graw Hill. pp. 1-9, 66-69, 120-130, 307-313
- Perez-Guisado, J. (2008). Rendimiento deportivo: glucógeno muscular y consumo protéico. **Apunts. Medicina de l'Esport 43**:142-152.
- Ramírez V., & Jhon F. (2011). **Fuerza muscular, funcionalidad y envejecimiento: Consideraciones y perspectivas para su incorporación en los modelos de intervención**. Bogotá: Universidad Santo Tomas. pp. 9-28
- Real Academia Española (RAE). (2001). **Diccionario de la Lengua Española**. (ed. 22º) España: Espasa Calpe S.A. pp. 1557

- Renault, A. (2005). *Musculación práctica*. Barcelona: Paidotribo. pp. 145
- Rodríguez, G. L. (2010). Actividad física, capacidad aeróbica y sobrepeso-obesidad en profesores de educación básica. *Revista Mexicana de Investigación en Cultura Física y Deporte*. 2(2):8-21.
- Wekesa, A., Harrison, M. & Watson, RW. (2015). Review. Physical activity and its mechanistic effects on prostate cancer. *Prostate Cancer and Prostatic Disease* 18:197-207
- Willis, L. H., Slentz, C. A., Bateman, L. A., Shields, A. T., Piner, L. W., Bales, C. W... Kraus, W. E. (2012). Effects of aerobic and/or resistance training on bodymass and fatmass in overweight or obese adults. *Jour. Appl. Phys.* 113(12):1831-1837
- Wong, P. C., Chia, M. Y., Tsou, I. Y., Wansaicheong, G. K., Tan, B. & Wang, J. C. (2008). Effects of a 12-week exercise training program on aerobic fitness, body composition, blood lipids and C-reactive protein in adolescents with obesity. *Ann. Acad. Med. Singapore*. 37(4):286-93.
- World Health Organization (WHO). *Global Strategy on Diet, Physical Activity and Health*. (Última actualización: 2014) <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs385/es/> (Fecha de consulta: Feb, 2016)
- Yesalis, C. E. & Cowart, V. S. (1999). Esteroides: Un juego peligroso. Efectos y riesgos del uso de esteroides y anabolizantes en el culturismo, el entrenamiento de la fuerza y el deporte. España: Hispano Europea S.A. pp. 35-38, 49-70, 147-157

## 12. ANEXOS

**A.1** Lista de los 23 aminoácidos que el cuerpo necesita para un correcto funcionamiento (Huergo, 1999; Benito, 2008; Kuhn, 2009).

AMINOÁCIDO	FUNCIONES
<b>Alanina</b>	Interviene en el metabolismo de la glucosa como precursor de este nutrimento a partir de la degradación proteica muscular en estados de ayuno o déficit de HC (Ciclo de la alanina). También es precursor de energía a través de le piruvato obtenido a partir de Alanina.
<b>Arginina</b>	Está implicada en la conservación del equilibrio de nitrógeno y CO <sub>2</sub> (ciclo de la urea). También es precursor de óxido nítrico y en conjunto con glicina y metionina se lleva a cabo la síntesis de creatina. Contribuye a la regeneración de colágeno y en la cicatrización de heridas. Precursor de ornitina y citrulina. Está implicada en la producción y secreción de GH a través de la formación de ornitina, que incrementa la liberación de esta hormona y por medio de la producción de insulina, ya que la arginina aumenta la secreción insulínica.
<b>Asparagina</b>	Tiene una acción casi exclusiva en la formación de proteínas.
<b>Ácido aspártico</b>	Juega un papel muy importante en el funcionamiento del hígado y su desintoxicación por la eliminación de NH <sub>3</sub> . También es precursor de aminoácidos no dispensables, por reacción de transaminación. Participa en la síntesis de nucleótidos por ser receptor de grupos aminos NH <sub>2</sub> . Tiene un papel muy importante en el SNC, en la transmisión hormonal y transmisión de impulsos nerviosos.
<b>Cistina</b>	Importante en la síntesis de insulina e Interviene en la desintoxicación del organismo.
<b>Cisteína</b>	Su degradación genera piruvato, que posteriormente pasa a ser parte del ciclo de Krebs. Junto con la cistina, está implicada en la desintoxicación del organismo y son antagonistas de los radicales libres. Este aminoácido está implicado en la síntesis de glutatión, importante por su capacidad reductora y la formación de la enzima glutatión-peroxidasa, que actúa como eliminador de radicales libres.



## A.1 CONTINUACIÓN

<b>Glutamina</b>	<p>Intervienen en procesos metabólicos cerebrales, particularmente en la utilización de glucosa por el cerebro. Aumenta la producción y excreción de amonio. En el músculo, forma parte de la calsecuestrina, proteína fijadora de calcio, y forma <math>\text{NH}_4</math>, compuesto importante para la reposición de intermediarios del ciclo de Krebs y formación de NADH. Es fundamental para la síntesis de aminoácidos no dispensables. Participa en reacciones de desintoxicación del hígado.</p>
<b>Ácido glutámico</b>	<p>Actúa como estimulante del sistema inmunológico e interviene en el funcionamiento del SNC. Aumenta la producción y excreción de amonio. En el músculo, forma parte de la calsecuestrina, proteína fijadora de calcio, y forma <math>\text{NH}_4</math>, compuesto importante para la reposición de intermediarios del ciclo de Krebs y formación de NADH. Es fundamental para la síntesis de aminoácidos no esenciales. Participa en reacciones de desintoxicación del hígado.</p>
<b>Glicina</b>	<p>Interviene en la formación de ácidos biliares, en la síntesis de purinas, que son de importancia en la producción de energía por formar parte de coenzimas como NAD o FAD. Participa en la formación de glutatión de creatina y de glucosa. Si este aminoácido llega a oxidarse, puede terminar por formar oxalato, lo que desencadena la formación de cálculos renales.</p>
<b>Histidina</b>	<p>Su degradación permite la formación de glutamato. Participa en la síntesis de glucosa e histamina. Junto con la GH y otros aminoácidos, contribuyen al crecimiento y reparación de tejido relacionado con el sistema cardiovascular.</p>
<b>Serina</b>	<p>Actúa, junto con otros aminoácidos, en la desintoxicación del organismo, interviene además en el crecimiento muscular y metabolismo de lípidos. También interviene en la formación de glucosa y de energía. Participa en la síntesis de proteínas y en la formación de fosfatidilserina, fosfolípido que forma parte de la membrana de la materia gris del cerebro.</p>

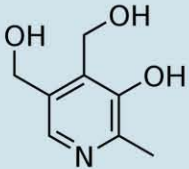
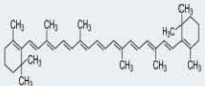
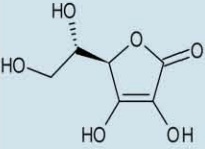
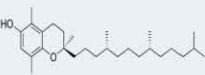
## A.1 CONTINUACIÓN

<b>Glutamina</b>	<p>Intervienen en procesos metabólicos cerebrales, particularmente en la utilización de glucosa por el cerebro. Aumenta la producción y excreción de amonio. En el músculo, forma parte de la calsecuestrina, proteína fijadora de calcio, y forma <math>\text{NH}_4</math>, compuesto importante para la reposición de intermediarios del ciclo de Krebs y formación de NADH. Es fundamental para la síntesis de aminoácidos no dispensables. Participa en reacciones de desintoxicación del hígado.</p>
<b>Ácido glutámico</b>	<p>Actúa como estimulante del sistema inmunológico e interviene en el funcionamiento del SNC. Aumenta la producción y excreción de amonio. En el músculo, forma parte de la calsecuestrina, proteína fijadora de calcio, y forma <math>\text{NH}_4</math>, compuesto importante para la reposición de intermediarios del ciclo de Krebs y formación de NADH. Es fundamental para la síntesis de aminoácidos no esenciales. Participa en reacciones de desintoxicación del hígado.</p>
<b>Glicina</b>	<p>Interviene en la formación de ácidos biliares, en la síntesis de purinas, que son de importancia en la producción de energía por formar parte de coenzimas como NAD o FAD. Participa en la formación de glutatión de creatina y de glucosa. Si este aminoácido llega a oxidarse, puede terminar por formar oxalato, lo que desencadena la formación de cálculos renales.</p>
<b>Histidina</b>	<p>Su degradación permite la formación de glutamato. Participa en la síntesis de glucosa e histamina. Junto con la GH y otros aminoácidos, contribuyen al crecimiento y reparación de tejido relacionado con el sistema cardiovascular.</p>
<b>Serina</b>	<p>Actúa, junto con otros aminoácidos, en la desintoxicación del organismo, interviene además en el crecimiento muscular y metabolismo de lípidos. También interviene en la formación de glucosa y de energía. Participa en la síntesis de proteínas y en la formación de fosfatidilserina, fosfolípido que forma parte de la membrana de la materia gris del cerebro.</p>

## A.1 CONTINUACIÓN

<b>Metionina</b>	Es precursor de cisteína. Participa como precursor glucogénico a través de la cesión de su grupo metilo. Interviene en la síntesis de proteína por formar parte del RNAt. Interviene en la formación de creatina y de colina, que tiene un papel importante en la conducción nerviosa. Un consumo excesivo de este aminoácido puede dar lugar a altas concentraciones de homocisteina y toxicidad por presencia de mercaptanos.
<b>Triptófano</b>	La degradación de este aminoácido da lugar a la formación de niacina. Tiene un efecto glucogénico a partir de la formación de alanina. Está implicado en el crecimiento y producción hormonal, especialmente en la función de las glándulas adrenales. Además interviene en la síntesis de serotonina y melatonina.
<b>Treonina</b>	Tiene acción glucogénica y participa en la síntesis de proteínas. Junto con Metionina y Ácido aspártico ayudan al hígado en su labor de desintoxicación.
<b>Valina</b>	Ayuda a la obtención de energía por su acción glucogénica y formación de propionilCoA (en estados de ayuno o cuando existe un exceso de este aminoácido). Interviene en la formación de glucógeno. Estimula el crecimiento y reparación de tejidos. Interviene en la formación y reparación del tejido muscular y recambio proteico. Tiene acción anticatabólica por evitar la formación de serotonina a partir del triptófano.
<b>Isoleucina</b>	Ayuda a la obtención de energía por la formación de acetilCoA (precursor de cuerpos cetónicos) y propionilCoA (en estados de ayuno o cuando existe un exceso de este aminoácido). Junto con la leucina y GH interviene en la formación y reparación del tejido muscular y recambio proteico. Tiene acción anticatabólica por evitar la formación de serotonina a partir del triptófano.
<b>Leucina</b>	Su degradación forma compuestos cetogénicos (a partir de hidroximetilglutaril-CoA, en estados de ayuno o cuando existe un exceso de este aminoácido). Junto con la isoleucina y GH interviene en la formación y reparación del tejido muscular. Tiene acción anticatabólica por evitar la formación de serotonina a partir del triptófano.

**A.2.** Algunas vitaminas y sus efectos en el organismo (Guillen, 2009).

VITAMINA	ESTRUCTURA	DOSIS	EFECTO
<b>Vitamina B6 (Piridoxina)</b>		40-300 mg/día	Interviene directamente en la degradación de aminoácidos, en la conversión de triptófano en niacina y en la síntesis de proteína. Facilita y acelera la formación de glucógeno muscular. Mantiene de manera sinérgica los niveles de magnesio en sangre.
<b>β-carotenos</b>		1000 mg/día	Proveen ~ el 50% de la vitamina A necesaria. Tiene acción antioxidante, disminuye la fatiga, y mantiene la estabilidad y la integridad ósea y del tejido muscular
<b>Vitamina C (Ácido ascórbico)</b>		5 g/día	Durante el ejercicio, se produce una disminución de esta vitamina, se sugiere suplementación en atletas. Fundamental en síntesis y mantenimiento de colágeno. Mejora la resistencia y rendimiento físico, el trabajo aeróbico y reduce la fatiga. Aumenta los niveles de adrenalina durante el ejercicio. Es cofactor de la síntesis de carnitina, favorece la absorción intestinal del hierro, facilita la utilización y oxidación de ácidos grasos, ahorrando glucógeno. Presenta efectos antioxidantes.
<b>Vitamina E (α-tocoferol)</b>		200 mg/día	Aumenta el consumo de oxígeno. Reduce las necesidades de oxígeno por el músculo. Aumenta la actividad muscular disminuyendo la fatiga. Alivia el dolor, la rigidez y la hinchazón en articulaciones. Contrarresta el efecto de los radicales libres producidos por estrés generado por entrenamientos de alta intensidad.

**A.3.** Algunos nutrimentos inorgánicos y sus efectos en el organismo (Guillen, 2009).

NUTRIMENTO INORGÁNICO	DOSIS	FUNCIÓN
<b>Magnesio</b>	500-700 mg/día	Mineral involucrado en la contracción muscular, conducción de impulsos nerviosos, favorece la absorción de calcio, mantiene la estructura ósea. Está implicado en el metabolismo de HC, proteínas, lípidos y ácido nucleicos. Es cofactor de enzimas que convierten el ATP en ADP.
<b>Potasio</b>	200 mg/día	Interviene como catalizador en el metabolismo energético, en la contracción muscular, en la síntesis de glucógeno, y en la síntesis proteica. Este mineral se incluye en bebidas electrolíticas para su recuperación después del ejercicio intenso y la sudoración profusa.
<b>Calcio</b>	800 – 1200 mg/día	Tiene un papel importante en la contracción y relajación muscular, además de actuar como transmisor químico en los impulsos nerviosos.
<b>Hierro</b>	20-30 mg/día	Es un componente esencial de la hemoglobina y mioglobina, que son las encargadas de trasportar el oxígeno a todo el cuerpo.